АДАМ ПИОРЕЙ
UNIVERSUM
ЧЕЛОВЕК 2.0
ПЕРЕЗАГРУЗКА
Реальные истории о невероятных возможностях науки и человеческого организма
Лаборатория ЗНАНИЙ
ADAM PIORE

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Эта книга — о науке и медицине, о том, как можно улучшить человека и усилить или развить его способности. В первой части, посвященной физическим возможностям, рассказывается о бионике, генетических методах и регенеративной медицине. Во второй части раскрываются вопросы, касающиеся тонкой сферы чувств. Вы узнаете о нейропластичности мозга, интуиции и телепатии. В третьей части речь идет о способности мыслить, механизмах памяти, операциях на мозге и различных методах его стимуляции, о возможностях расширения сознания. В тексте много интересных историй о судьбах ученых, врачей и простых людей, у которых проявились те или иные неординарные способности. Пиорей рассказывает о людях, сумевших побороть свои недуги, — научившихся покорять вершины с помощью искусственных ног, видеть ушами и многому другому.

Для широкого круга читателей.

- Адам Пиорей
  -
  - Об авторе
  - Введение
  - Часть 1
    - Глава 1
    - Глава 2
    - Глава 3
  - Часть II
    - Глава 4
    - Глава 5
    - Глава 6
  - Часть III
    - Глава 7
    - Глава 8
    - Глава 9
  - Заключение
  - Благодарности
  - Примечания
  - Список сокращений
- notes
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4

- ○ 5
- ○ 6
- ○ 7
- ○ 8
- ○ 9
- ○ 10
- ○ 11
- ○ 12
- ○ 13
- ○ 14
- ○ 15
- ○ 16
- ○ 17
- ○ 18
- ○ 19
- ○ 20
- ○ 21
- ○ 22
- ○ 23
- ○ 24
- ○ 25
- ○ 26
- ○ 27
- ○ 28
- ○ 29
- ○ 30
- ○ 31
- ○ 32
- ○ 33
- ○ 34
- ○ 35
- ○ 36
- ○ 37
- ○ 38
- ○ 39
- ○ 40
- ○ 41
- ○ 42
- ○ 43
- ○ 44
- ○ 45

Адам Пиорей
«Человек 2.0. Перезагрузка»
Реальные истории о невероятных возможностях науки и человеческого организма

Посвящаю моим дедушкам и бабушкам — Мэнни и Норе Пиореям, которые задавали вопросы, Полли и Сиду Клайнам, которые рассказывали сказки

UNIVERSUM

О науке, ее прошлом и настоящем, о великих открытиях, борьбе идей и судьбах тех, кто посвятил свою жизнь поиску научной Истины

Об авторе

Адам Пиорей — журналист, удостоенный множества наград. Редактор и корреспондент журнала Newsweek. Он публиковался в таких изданиях, как *Conde Nast Traveler, GQ, Nautilus, Discover Magazine, Mother Jones, Playboy, Scientific American, theAtavist, BusinessWeek* и др.

Это книга-история, имеющая отношение к тем потрясающим достижениям науки и техники, которые существенно раздвигают границы возможного и преобразуют наши представления о том, что нам доступно, а что нет.

В центре внимания данной книги — история людей, которые, как и многие из нас, вели обычный образ жизни ровно до того момента, пока из-за собственного невезения, неправильного выбора или подстерегающих ловушек не столкнулись с невыносимыми тяготами, но нашли в себе силы жить и радоваться жизни. Это история людей, которые помогают себе и другим заново обретать то, что они считали утраченным навсегда: способность бегать и танцевать, видеть и наслаждаться пейзажами, узнавать любимые лица и просто общаться — все те вещи, которые позволяют нам сильнее всего чувствовать себя людьми. Но на этом истории не заканчиваются, и автор идет еще дальше, рассказывая о том, как даже здоровый человек с

помощью науки может выйти за границы обычных возможностей, отведенных ему природой, и открыть в себе таящийся потенциал.

Читая все эти истории, вы наполнитесь ощущением волшебства, которое происходит уже в наше время.

Введение

Эта книга — о науке и медицине. Но путь, который привел меня к ней, начался невообразимо далеко от тех антисептических, набитых всевозможной современной техникой помещений, которые мы обычно ассоциируем с этими сферами. Собственно говоря, всё началось так далеко от лабораторий или операционных, что мне даже как-то трудно решиться рассказать об этом: боюсь, мой рассказ отпугнет некоторых читателей, надеющихся с ходу погрузиться в загадки нейрофизиологии, биомеханики, генной инженерии и прочего в том же роде. Призываю этих читателей набраться терпения. Поверьте, мы туда обязательно доберемся.

Мысль о написании этой книги зародилась у меня в 90-е годы, на солнечных холмах близ кампуса Калифорнийского университета в Санта-Крусе. Сидя по-турецки, я вместе с другими студентами смотрел туда, где за зелеными спортивными полями и холмами, утыканными секвойями, расстилалась чистейшая голубая безмятежность Тихого океана. Передо мной простирался каменистый изгиб побережья залива Монтерей. Такие виды успокаивают душу и пробуждают мысли о бесчисленных возможностях и приключениях.

Я был тогда на первом курсе, и официально считалось, что в данный момент я пребываю «на занятиях». Но мне никогда прежде не доводилось посещать такие занятия. Я подумал о своих друзьях, оставшихся там, на Восточном побережье, и томящихся в четырех стенах: скоро их там занесет снегом. Это профессиональная болезнь старшеклассников — ощущение того, что ты заперт в помещении и вынужден слушать унылое (как у мультяшного неудачника Чарли Брауна[1]) бормотание учителя, грезя при этом j совершенно других местах. О таких местах, как это. Мне казалось, что это просто потрясающе — быть здесь и при этом находиться «на занятиях». Кто бы мог подумать, что такое возможно?

Впрочем, речь тогда как раз и шла о всякого рода возможностях. Предмет назывался «Гуманистическая психология», и преподававший у нас ассистент по имени Джим Браун решил, что этот пейзаж отлично подходит для того, чтобы погрузить нас в атмосферу данного предмета — оптимистическую, не ищущую оправданий, проникнутую духом «нью эйдж»[2]. В центре внимания было нечто под названием «движение за развитие человеческого потенциала» — своеобразное психологическое направление, выросшее на почве

обкуренного утопизма и творческой анархии, свойственных контркультуре 60-х. Мне было тогда 18, и я еще не совсем избавился от остатков моей собственной уникальной смеси подростковых невзгод, обид и страхов. И меня сразу же зачаровало такое введение в предмет.

Гуманистическая психология, которую нам преподавали, занималась трансформацией человека, освобождением от того, что сдерживает и ограничивает нас. Эта дисциплина возникла во многом как реакция на зачастую очень пессимистические подходы, свойственные традиционному психоанализу и бихевиоризму: их методы фокусировались на попытке понять, что же вызвало те неврозы, которые искажают наше мировосприятие или вызывают патологии нашего поведения. А вот титанов гуманистической психологии вроде Абрахама Маслоу интересовала следующая стадия: что бывает, когда человеку удается избавиться от своих разочарований и страхов, преодолеть травмы прошлого? Маслоу заявлял: у всех нас (когда нам предоставлен выбор) есть мотивация полностью раскрыть свой потенциал человеческого существа — «самоактуализироваться» [самореализоваться], обрести счастье, осознать свои творческие способности, выстроить полезные для души отношения с другими, выйти за пределы всего того, что мешает нашему развитию. Но чтобы изучить всё это, Маслоу стал рассматривать не тех из нас, кто страдает, а тех, кто процветает. Что общего у таких людей? И как они достигли «самоактуализации»?

«По сути, Фрейд снабдил нас болезненной половиной психологии, а теперь мы должны заполнить ее, черпая из здоровой», — писал Маслоу в 1968 г.

Позже, когда я стал журналистом и ездил по разным странам в качестве зарубежного корреспондента, я начал сомневаться в теориях Маслоу. Сомнения впервые появились, когда я попал в Камбоджу, где брал интервью у тех, кто уцелел после геноцида, устроенного Пол Потом[3]. Однажды днем, стоя на проселочной дороге с глубокими грязными колеями, я спросил сгорбленную беззубую нищенку, что она думает об ооновском трибунале над выжившими лидерами кровавого режима «Красных кхмеров». По ее лицу потекли слезы. «Они убили моих детей, — сказала она. — Вот что они со мной сделали».

И я подумал: чему Абрахам Маслоу может научить того, кто прошел через такое? Какое значение имеет «самоактуализация» (не только для этой женщины, но и для всех других людей) там, где могут случиться подобные несправедливости? Мне казалось, что из того, чему меня учили в колледже, к подобным странам нельзя применить ничего.

Но в конце концов я стал воспринимать эти вопросы по-иному. Ведь я приехал в Камбоджу, когда страна только оправлялась после 30 лет гражданской войны. Те, с кем я встречался, вынуждены были как-то справляться с наследием жуткого четырехлетнего периода (выпавшего на 70-е годы), когда каждый четвертый житель страны погибал от голода и болезней или становился жертвой убийц. Этот катаклизм разорвал общество в клочья, а те, кто выжили, оказались сломлены и страдали от всевозможных травм — не только физических. Многие истории, которые я выслушивал, доводили меня до слез.

Однако традиционный кхмерский Новый год, отмечаемый весной, стал огромным и всенародным празднеством, когда все радостно высыпали на улицы, хотя всего год назад боялись выходить, помня о страшном государственном перевороте 1997-го. Теперь же толпы людей заполонили улицы и переулки делового центра Пномпеня, совсем рядом с тем домом, где я тогда снимал квартиру. Они плясали, ели, веселились. Я видел фотографии беженцев с ввалившимися глазами. Теперь же я смотрел, как дети свободно разгуливают по улицам, ничего не боясь. Мэр превратил грязную площадку на берегу Меконга, то и дело заливаемую водой, из топкого болота в парк с травой и цветами: теперь здесь вполне можно было устраивать семейные пикники. Окружавшие меня люди, которым повезло уцелеть в страшные годы, уже не были мрачными: они радовались жизни. На их лицах читались эйфория и облегчение, чувство обновления, способность стойко сопротивляться бедам. И всё это расцвело в тех местах, которые я раньше ошибочно счел безнадежной пустыней печали и потерь. Я не мог и представить себе, что этот расцвет окажется столь мощным.

Как вообще стала возможной вся эта радость? Я подумал: видимо, даже самые невообразимые ужасы и зверства все-таки не смогли сокрушить человеческое начало в тех, кто меня окружает, не смогли вытравить из них способность с готовностью принимать то, что происходит в настоящий момент, и принимать друг друга. Казалось, всё это сияет даже ярче обычного. Откуда взялись эта удивительная стойкость и эта радость? И почему они произвели на меня такое сильное впечатление?

Иногда самые вдохновляющие истории, показывающие нам, на что мы в действительности способны и что по-настоящему важно, рождаются из самых жутких трагедий, какие мы только можем себе вообразить. Я осознал, что речь тут не только о «человеческом потенциале» (мысль о котором так захватила меня в свое время на склоне калифорнийского холма), а о стойкости человеческого духа, об изначально присущем всем нам

стремлении, инстинкте, порыве, импульсе найти способ вновь обрести целостность после того, как мы потеряли какую-то часть себя: и не только для того, чтобы просто выжить, но и для того, чтобы жить на всю катушку. Меня всегда очень занимали те силы, которые побуждают людей, переживших утрату, двигаться вперед и с оптимизмом смотреть в будущее.

Вы спросите: какое отношение всё это имеет к длинным ученым словам, которые я упомянул в начале введения? Как нейрофизиология, биомеханика и генная инженерия могут быть связаны с Пол Потом или с гуманистической психологией?

Я решил написать научно-популярную книгу, а не текст о психологических травмах, камбоджийской истории или иерархии потребностей, о которой говорил Маслоу, потому что в наши дни самые экстремальные и впечатляющие примеры триумфа человеческого потенциала и стойкости появляются благодаря достижениям медицины и науки в целом. Осознание этого пришло ко мне почти случайно. По завершении своих камбоджийских приключений я вернулся домой. После того как я поработал в Newsweek, освещал трагедию

11 сентября, ездил в командировки в Ирак, я познакомился с Хью Герром, инженером-биоником, чей рассказ настолько заинтриговал и вдохновил меня, что я стал по-иному относиться к науке и технологии. Я стал распутывать нить той истории, частью которой он стал. Эта история имеет отношение к нейрофизиологии и биологии, к тем потрясающим достижениям науки и техники, которые существенно раздвигают границы возможного, решительно преобразуя наши представления о том, что для нас доступно, а что нет. Чем больше я встречался с новыми и новыми людьми, на чью жизнь кардинальным образом повлияла тихая революция, происходящая в лабораториях и клиниках по всей стране[4], тем больше их истории наполняли меня неописуемым ощущением волшебства — тем самым ощущением, которое я впервые испытал на улицах Пномпеня в 90-е годы.

Эта книга во многом посвящена сфере, которая называется биоинженерией, и тому, как ученые, врачи, а иногда и сами пациенты используют ее для раскрытия ресурсов, таящихся в теле и сознании человека: предыдущие поколения могли только догадываться о существовании таких ресурсов. И хотя темы, которые я разбираю, служат зеркальным отражением того, что вполне может оказаться едва ли не самыми впечатляющими современными подвигами, совершаемыми в области нейронаук, регенеративной медицины, фармакологии и бионики, я не собираюсь придерживаться «клинического», отстраненно-

интеллектуального тона рассуждений о функционировании человеческого тела и сознания. Это книга о людях, которые не хотят сдаваться. Взявшись за этот репортаж, я стал искать людей, которые помогают себе и другим заново обретать то, что они считали утраченным навсегда: способность бегать и танцевать, наслаждаться пейзажами с большого расстояния, узнавать любимые лица и даже просто общаться, — все те вещи, которые позволяют нам сильнее всего чувствовать себя людьми.

В прошлом веке мы достигли поворотного момента в широкомасштабном развитии инженерии. Материальный мир преобразился благодаря настоящему взрыву изобретательности, который позволил вывести инженерное мастерство на новый уровень, одержать победу над привычными ограничениями, налагаемыми вещественным миром: примеры — строительство небоскреба Эмпайр_стейт_билдинг, изобретение самолета, высадка на Луну. Сегодня инженеры обращают свой взгляд внутрь. Новая передовая для них — человеческое тело. Те открытия, которые делают ученые и эти современные строители и архитекторы тела, помогают тем, кто получил травму, восстановить утраченные функции организма, а всем остальным — раскрывать таящийся в организме потенциал, о котором мало кто догадывался.

Эта тема достойна попадания в выпуски новостей. В последние годы, как сказано в одном из учебников биомедицинской инженерии, «технология поразила медицину, словно разряд молнии». И эта технология позволяет ученым обращаться к непочатым источникам силы, скрытым в теле человека. Пока мы лишь начинаем разбираться в природе и особенностях этих источников. Оказывается, стволовые клетки способны репродуцировать утраченные части тела. Оказывается, мозг способен изменять свою «схему подключения», чтобы обойти серьезно травмированный участок. Оказывается, на краю нашего сознания обитают идеи и впечатления, которые содержат весь накопленный нами опыт.

Среди технологий, которые я буду описывать, есть такие, которые словно бы взяты из какого-то научно-фантастического фильма. Собирая материал для этой книги-репортажа, я встречался с людьми, которые сумели заново отрастить кончики пальцев и мышцы ног, уничтоженные взрывом. Я познакомился с женщиной, которая может «видеть» ушами, и с людьми, которые пытаются наделить пациентов, утративших способность говорить, возможностью общаться с другими телепатически.

Но те преобразующие технологии, которые делают всё это возможным, поднимают и множество непростых проблем. Новые

технологии позволяют ученым с невиданной точностью восстанавливать человеческое тело и сознание, разнимая и анализируя самые, казалось бы. несопоставимые их компоненты и выясняя, как они работают вместе: при этом специалисты спускаются на молекулярный уровень, а затем поднимаются обратно — чтобы сконструировать «запчасти» для тех, кто потерял какую-то свою «деталь». Но зачем останавливаться только на этом? Многие ученые сегодня активно изучают пути использования таких же технологий для того, чтобы вполне здоровые и целые индивиды могли преодолевать ограничения, наложенные природой на их организм. Если мы умеем чинить тело и сознание человека, когда они ломаются, почему бы не попробовать создать улучшенную версию самих себя? Почему бы не попытаться что-то расширить, что-то дополнить, выйти за границы обычных возможностей? Почему бы не посмотреть, насколько далеко мы можем зайти?

Как отмечается в недавнем докладе, подготовленном для Европарламента, современные технологии, с помощью которых идет «улучшение» человека (такие как генная инженерия, бионика, разработка веществ, резко повышающих интеллектуальную мощь), «сигнализируют о размывании границ между восстановительной терапией и теми видами вмешательства, цель которых — усовершенствования, выходящие за пределы такого лечения».

«Поскольку большинство из них зарождается в царстве медицины, они могут существенно усилить социальное влияние медикализации по мере того, как их будут всё чаще использовать для лечения непатологических состояний и расстройств», — подчеркивается в докладе. Иными словами, сама функция медицины в нашем обществе, возможно, претерпит определенные сдвиги и расширения — вероятно, на самом фундаментальном уровне. А это, предупреждают некоторые, может привести к самым различным незапланированным последствиям — от увеличения неравенства между богатыми и бедными до «гонки вооружений» в области неврологических и физических усовершенствований человека. В результате (предупреждают другие) может измениться само представление о том, что это означает — быть человеком. На этом фоне кое-кто высказывает сомнения и в самой основе либеральной демократии — в убеждении, что все люди равны.

«Изначальная цель медицины — исцелять больных, а не превращать здоровых в богов», — пишет Фрэнсис Фукуяма в своей книге «Наше постчеловеческое будущее: последствия биотехнологической революции». Однако такому искушению

трудно противостоять. Мы, люди, уже очень давно пытаемся выйти за пределы ограничений, установленных для нас природой: это началось еще на заре цивилизации. По некоторым сведениям, участники древнегреческих Олимпийских игр жевали бараньи тестикулы (в сыром виде), чтобы подкачаться, — задолго до того, как им кто-нибудь мог бы сказать, что этот орган — великолепный источник тестостерона, мужского гормона, который способствует росту мышц, увеличению массы костей и общему росту силы. Писатели и ученые употребляют кофеин и никотин для усиления концентрации внимания по крайней мере с VI–VII вв. до н. э. Правда, в ту пору никто еще, конечно, не догадывался, что кофеин блокирует содержащееся в мозгу вещество под названием аденозин, которое способствует сну и подавляет возбуждение, и что никотин как бы мимикрирует под ней ротрансмиттер под названием ацетилхолин, который заставляет резко пробудиться мозговые клетки, находящиеся в сенсорной зоне коры головного мозга и в областях, участвующих в процессах активизации и поддержания внимания.

Иными словами, даже без самого элементарного понимания основ биологии, физики и химии человечество тысячелетиями неустанно стремилось «взломать» природу (как хакер взламывает программу) и манипулировать телом и сознанием. В итоге появлялись разного рода технологии — часто грубые, примитивные и ненадежные, хотя и таинственные. Что же происходит сейчас, когда положение стало серьезно меняться? Должны ли мы беспокоиться? Хорошо ли, что происходят такие перемены?

Некоторые специалисты по медицинской этике считают, что это один из самых насущных вопросов нашего времени. Однако это явно не новая проблема, Те же древние греки, которые придумали давать олимпийским спортсменам бараньи яйца, оставили нам и миф о Дедале, использовавшем свое инженерное мастерство для того, чтобы сделать из воска крылья и научить своего сына Икара летать, тем самым бросая вызов богам и обрекая свою семью на всяческие страдания. Может быть, мы (как общество), опьянев от собственной изобретательности, тоже подлетим слишком близко к Солнцу? Может быть, мы станем применять технологии усовершенствования человека во зло — скажем, в качестве инструмента угнетения или как оружие?

Должен признаться, что в ходе сбора материала для данной книги эти беспокойства часто заслонялись в моем сознании тем неподдельным восхищением, которое я испытывал всякий раз, когда лично сталкивался с некоторыми из подобных технологий и задумывался, каково это — быть «улучшенным» (или

«дополненным») человеком. К примеру, как-то раз я надел «мышечный костюм», который позволял мне поднимать тяжести кончиками пальцев: создавалось ощущение, будто я поднимаю просто листок бумаги. А однажды я говорил с мальчиком, обладавшим настолько потрясающей памятью, что уже в двухлетнем возрасте он мог наизусть воспроизвести номера талонов техосмотра всех машин в своем районе. А потом я провел целый день с человеком, который занимается разработкой таблетки, способной (как он утверждает) наделить такой памятью всех нас.

Меня много раз тянуло — как и многих из этих ученых — посмотреть, насколько далеко мы можем зайти. Но при этом передо мной неизменно маячил призрак опасных излишеств, мысль о том, как бы наши собственные технологии не подвели нас. Когда я рассказывал другим о своих приключениях, меня часто спрашивали: а тут есть что-то такое, что мы должны принять с распростертыми объятиями? И я задумался, следует ли мне хотя бы попробовать ответить на этот вопрос в своей книге. В конце концов, тут всё зависит от конкретных обстоятельств. Один армейский ученый с умным видом пожал плечами, когда я осведомился, каково его мнение на сей счет: «А бейсбольная бита — хорошая вещь или плохая? Хорошая, если вы ее используете для игры в бейсбол. Плохая, если вы ее используете для того, чтобы дубасить кого-нибудь по башке». Со своей стороны я приложил все усилия для того, чтобы дать кое-какие ответы. Прочитав эту книгу, вы, по крайней мере, будете значительно лучше подготовлены к тому, чтобы давать свои собственные ответы на такие вопросы. Вы будете больше знать о том, что возможно и почему. И вы будете лучше понимать сущность споров об этих проблемах, когда столкнетесь с такими дискуссиями.

Но эта книга — в общем-то не об этических вопросах, не о технических условиях и даже не о научных открытиях, благодаря которым истории, о которых я собираюсь вам поведать, легко попадают в выпуски новостей. Перед вами книга о людях. Многие из них вначале жили, как мы с вами, но потом — из-за невезения, собственного неверного выбора или неизбежных ловушек, которые многих подстерегают на жизненном пути, — столкнулись с тяготами, которые мало кто из нас способен вообразить. На мой взгляд, именно стойкость этих людей делает придумывание и развитие новых технологий стоящим занятием, пусть его и не всегда можно назвать необходимым и благородным.

Персонажи этой книги — ученые и те, кому они пытаются помочь, — показывают нам нечто такое, что касается всех нас: где

находятся пределы наших возможностей, на что мы способны — и как реализовать наш потенциал. Поэтому в каком-то смысле перед вами книга не только о стойкости человека. Она волей-неволей должна стать и книгой о возможности преодолевать те границы, которые поставила нам природа.

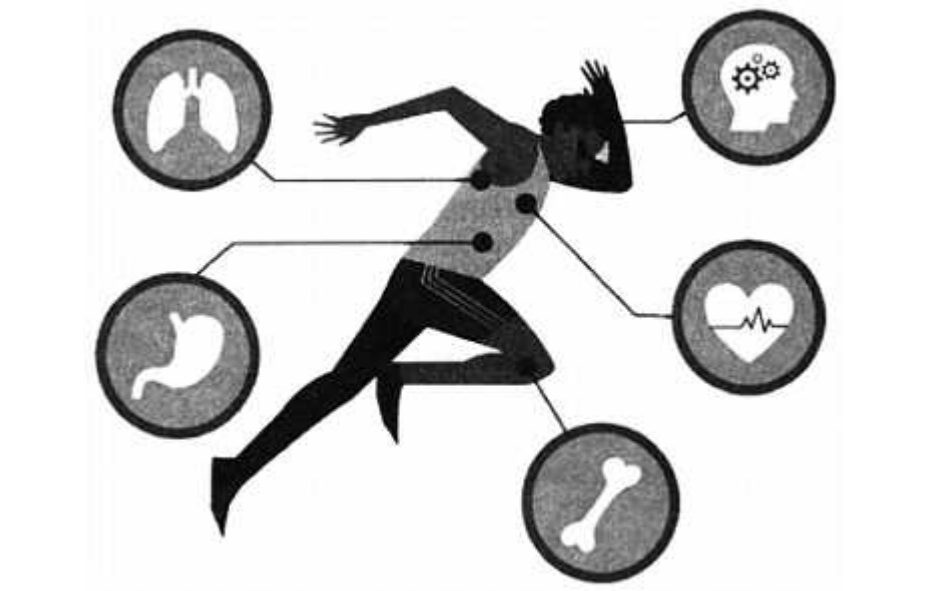
Книга разделена на три части (в каждой — несколько глав), посвященные нашим усилиям лучше понять — и подвергнуть реорганизации — то, как человек движется, как он чувствует и как он мыслит.

Но в центре внимания у нас всегда будут люди и их жизненные истории. И это удивительные, необычные истории, поверьте. Начнем с одного из самых примечательных людей, с которыми я встретился, готовя эту книгу. Знакомьтесь: Хью Герр.

Часть 1
ДВИЖЕНИЕ

Глава 1
Бионический человек, который строит бионических людей

Как воспроизвести природные механизмы нашего передвижения



Уже начинал идти снег, когда морозным утром Хью Герр и Джефф Батцер двинулись по лесной тропе вверх по склону горы Вашингтон (той, что в штате Нью-Гэмпшир). Дело было в январе 1982 г.[5]

Они несколько месяцев планировали этот поход и всю ночь ехали сюда на машине из Ланкастера (штат Пенсильвания). Герр, семнадцатилетний парень с детским лицом и буйной гривой каштановых волос, знал, что Батцеру очень хочется добраться до вершины горы. Но когда они прибыли к подножию и начали восхождение, два альпиниста отнюдь не были уверены, стоит ли пытаться дойти до самого верха горы именно в этот день. Вершину скрывали зловещего вида тучи, а после того как туристы 25 минут пробирались по глубокому узкому ущелью, она и вовсе пропала.

Путешественники остановились примерно через три четверти

мили [примерно 1200 м] пути — у входа в лощину Оделла, печально известное ледяное поле, откуда всего за несколько месяцев до этого сорвался навстречу своей гибели молодой скалолаз. Пока Герр и Батцер стояли, воззрившись на длинную голубую ледяную промоину, которая, змеясь, уходила от широкого плато круто вниз, видимость оставалась хорошей, и ледяной ветер лишь слабо посвистывал вокруг. Они свалили с плеч рюкзаки и оставили свое бивуачное снаряжение у края тропы, чтобы по-быстрому подняться наверх налегке.

Герр первым полез вверх по крутой ледяной стене. Ему было семнадцать — на три года меньше, чем Батцеру. Но в том, что он пойдет первым, с самого начала не было никаких сомнений. Герр с семи лет занимался скалолазанием вместе со своими старшими братьями. К подростковому возрасту Герр стал признанным во всей стране скалолазом, «вундеркиндом» среди ровесников-альпинистов. Считалось, что он входит в десятку лучших альпинистов США. И, вероятно, он был лучшим на Восточном побережье.

Всего за несколько месяцев до этого похода Герр сумел совершить настолько дерзкое и технически сложное восхождение, что многие в сообществе скалолазов поначалу отказывались верить этим новостям. Герр нацелился на Супертрещину [Super Crack], считавшуюся самым сложным альпинистским объектом на всем американском северо-востоке. Он задумал покорить наклонную вершину, сверху донизу расколотую узкой полуторадюймовой трещиной (чем выше поднималась трещина, тем больше был угол ее отклонения от вертикали). На полпути к вершине путь полностью преграждал страшноватый нависающий выступ шириной 18 дюймов [примерно 46 см]. Скалолазам требовалось, повиснув на одной руке, каким-то чудом преодолеть гравитацию и дотянуться другой рукой до такого места по ту сторону выступа, за которое можно ухватиться. Первый альпинист, успешно осуществивший это восхождение в 1972 г., падал 32 раза, прежде чем все-таки достиг вершины. За год до того, как за этот объект взялся Герр, один из ведущих альпинистов мира, Ким Карриган, потратил целый день на то, чтобы покорить эту стену. Однако новость о его успехе все равно очень воодушевила альпинистское сообщество: Карриган стал первым скалолазом, совершившим этот подвиг за такое относительно короткое время. Большинству его собратьев приходилось осаждать эту вершину несколько дней.

Готовясь к восхождению, Герр тщательно изучил контуры стены, слабо выраженные гребни, редкие выемки и выступы, за которые можно ухватиться рукой. Затем он соорудил у себя в

сарае копию этого фрагмента скалы в масштабе 1:1 (из цементных блоков, дерева и строительного раствора) и всю зиму тренировался, по несколько раз в день штурмуя макет. Когда пришла весна и Герр атаковал реальную Супертрещину, он успел настолько хорошо изучить маршрут и так основательно подготовиться, что чуть не достиг цели при первой же попытке, но все-таки упал. Тогда он снова начал штурм с подножия горы — и завершил восхождение менее чем за 20 минут. Не зря кое-кто называл Герра «вундеркиндом»[6].

И вот всего несколько месяцев спустя, в январе 1982-го, морозным утром Герр вгрызался ледорубами и кошками в отвесную ледяную стену горы Вашингтон. Он зафиксировался с помощью ледобуров, спустил тросы и начал закреплять страховку для Батцера, который находился ниже. Карабкаясь на стену, Герр опасливо поглядывал на огромные вертикальные снежные завалы над ними, понимая, что здесь велик риск схода лавины. Он старался держаться края лощины.

Альпинисты добрались до верхней части впадины примерно к десяти утра. Как раз в это время погодные условия начали меняться. Вокруг свирепо завывал ветер, так что им даже пришлось нырнуть за большой валун, чтобы посовещаться, иначе они не смогли бы услышать друг друга. Они находились всего на 1100 футов [335 м] ниже вершины. Им предстояло пройти около мили [1,6 км] по значительно более легкой территории, чем та, которую они только что покорили.

— Хочешь попробовать дойти до вершины? — спросил Герр.

— Думаешь, у нас есть шанс? — отозвался Батцер.

Выбравшись из-за валуна и вновь оказавшись среди завываний ветра, они снова начали подъем, надеясь вынести эту бурю. Двигались они неспешной пробежкой, сгорбившись, лицом к ветру. Но температура упала почти до нуля, а свирепые порывы ветра вскоре стали достигать 94 миль в час [около 40 м/с], они оглушали, они то и дело хлопали альпинистов своими обжигающе-ледяными пальцами. Видимость упала до пяти футов [1,5 м]. Батцер позже вспоминал, как снег летел в него почти горизонтально и как у него возникло жуткое чувство: если он прыгнет, чудовищные ветра просто подхватят его и зашвырнут в воздух на полтора десятка футов [4,6 м]. Это было уже слишком. Они преодолели всего несколько сотен футов, и им приходилось перекрикивать ветер, чтобы услышать друг друга. Кто-то из них прокричал: «Давай выбираться отсюда!».

Повернув обратно, они очутились в сплошной снежной пелене — так называемой белой мгле, когда невозможно понять, где лед, где небо, где горизонт. Чего там, Герр с трудом мог

различить даже кисти собственных рук. Альпинисты находились на почти плоской поверхности с очень небольшим, почти незаметным углом наклона, и в условиях такой плохой видимости все направления казались им одинаковыми. Они могли попытаться рассчитать маршрут обратно, в безопасное тепло цивилизации, разве что исходя из того, откуда дул ветер, завывавший вокруг них, пока они поднимались. Но они не знали, что направление ветра с тех пор изменилось. Вместо того чтобы возвращаться тем же путем, каким они двигались вверх, альпинисты стали, сами того не зная, спускаться в систему оврагов, лощин и ущелий, которая выглядела обманчиво похожей на ту, через которую они планировали идти вниз.

Герр потом вспоминал: «Это был какой-то адский белый лабиринт».

Когда они осознали, что забрели не туда, и остановились посоветоваться, было уже поздно поворачивать назад. Оба согласились: ветры над ними стали настолько яростными, что выжить в таких условиях едва ли представляется возможным. Так что два парня продолжили спуск, надеясь на лучшее.

Герр и Батцер неведомо для себя оказались на краю огромной снежной пустоши. И они двигались прямиком в ее пасть.

Поначалу всё шло мирно. Когда они спустились пониже и вновь оказались среди деревьев, ветер утих, опять воцарилась бесценная тишина, и вокруг них лишь падали редкие снежинки. Однако вскоре Хью Герр и Джефф Батцер обнаружили, что приходится пробираться сквозь сугробы, которые им по грудь, прокладывая дорогу через незнакомые замерзшие потоки, мимо валунов, разбросанных среди высоченных елок, словно игрушки великана. Дневной свет начинал меркнуть, но они упорно двигались дальше, стараясь идти вдоль потока, который, казалось, делается всё шире и шире. У них не было особого выбора: почти везде снег лежал очень толстым слоем, доходя до ветвей деревьев, а значит, если бы путники ушли слишком далеко от берега, им пришлось бы прорывать под снегом целые туннели, чтобы не сталкиваться с ветками и сучьями. Но этот путь принес и неожиданную новую опасность: за первую ночь под ногами Герра дважды проламывался лед, и всякий раз альпинист чувствовал, как по колено погружается в безумно ледяную воду, пропитывающую его альпинистские ботинки.

Но путники продолжали движение. После наступления ночи они шли еще несколько часов, чтобы согреться, но в конце концов свалились под очередным валуном, укрылись ветками, которые обломали с окрестных сосен, и обнялись, грея друг друга. Они осторожно сняли ботинки. Батцер поделился своей одеждой с

Герром, чьи падения пропитали водой всё, что было у него надето ниже пояса, к тому же эта вода вскоре замерзла.

Наутро путешественники вышли на заре и шли весь этот второй день, упорно ковыляя вперед. Они поняли, что оказались в какой-то безнадежной западне, и их отчаяние росло вместе с усталостью. К середине дня ноги у них стало сводить болезненной судорогой. Речная вода, остававшаяся в ботинках Герра, превратила его носки в твердые ледышки. Пот, накопившийся в ботинках Батцера, тоже затвердел. Весь этот лед лишь ускорял развитие переохлаждений и обморожений. Глубокий снег затруднял движение.

К началу третьего дня оба страдали от острого обезвоживания и очень ослабли. У Герра так онемели ступни, что он лишь с трудом мог поддерживать равновесие. Батцер вспоминает, как с тревогой заметил: его спутник погрузился в зловещее молчание. Два друга забрались под еще одну скалу и попытались согреться. Потом Батцер двинулся вперед один — в последней отчаянной попытке найти кого-то, кто им поможет. Но он сумел пройти меньше мили и повернул назад. К концу дня альпинисты начали смиряться с печальным фактом: возможно, они не выберутся отсюда живыми. Годы спустя Батцер вспоминал, как спрашивал Герра насчет веры и насчет того, готов ли он умереть в семнадцать лет. Оба отдали себя в руки Создателя.

Прошло еще три дня, прежде чем женщина в снегоступах случайно натолкнулась на их следы. Она обнаружила двух парней, скорчившихся и замерзших, под тем же валуном. Еще несколько часов — и они бы умерли. К тому времени погиб под лавиной один из членов поисково-спасательного отряда, отправленного им на выручку. И Герр, и Батцер получили серьезное обморожение.

Когда парней доставили в больницу, температура у Батцера упала до 32,2°, а у Герра она слегка колебалась около 33°. Врачи ампутировали Батцеру пять пальцев рук (включая один из больших), часть левой ноги и все пальцы на правой ступне. Герру не так повезло. Доктора ампутировали ему обе ноги чуть ниже колена. Этот многообещающий спортсмен, этот юный скалолаз с феноменальными задатками теперь, несмотря на всю свою железную волю и бесстрашие, больше никогда не будет таким же целым, как прежде.

* * *

Оказавшись у себя дома, в Пенсильвании, в эти опустошающие дни после ампутации Хью Герр постоянно видел один и тот же сон.

Ему снилось, как он невероятно быстро несется по

кукурузным полям за родительским домом, в лицо ему светит солнце и дует ветер, и он почти летит. Это неописуемое ощущение свободы останется для него столь же ярким и десятилетия спустя. Проснувшись, он понимал, что под одеялом у него — культи ног. Ком в горле, пустота в груди, чувство утраты. Он с содроганием вспоминал снежную белизну и вой ветра. Врачи сообщили ему, что он больше никогда не сможет бегать или карабкаться на скалы.

Первые протезы Герра были сделаны из гипса. Они представляли собой твердые, неподвижные, безжизненные грузы на концах его живых обрубков. Протезист, подгонявший их, предположил, что в один прекрасный день Герр сможет ходить без костылей, но этим, видимо, и ограничится. Да, он сможет водить машину с помощью специального ручного управления. Но о скалолазании придется навсегда забыть.

Герр погрузился в глубокую депрессию. Но он не чувствовал себя окончательно побежденным и сломленным. И вскоре ему осточертело торчать в четырех стенах. Как-то утром Герр выкатился из постели и пополз по комнате, отталкиваясь от пола руками: ему хотелось понять, на что он сейчас способен. Вскоре после этого он, в сидячем положении, добрался до кухни (тоже, конечно, с помощью рук). Герр залез на кресло, переполз на разделочный стол, дотянулся до верхней части семейного холодильника и, повиснув на обеих руках, перекинул торс и культи с одной стороны холодильника на другую, словно преодолевая выступ, нависший над Супертрещиной. Потом сделал десять подтягиваний.

Герр спустился на кухонный пол, добрался до двери в подвал, слез по ступенькам вниз, а затем взобрался по их обратной стороне. Поднявшись и снова спустившись, он устало свалился на холодный цементный пол, облегченно смеясь. Он впервые после несчастного случая сумел принять по-настоящему вертикальное положение, как позже рассказывал Герр своему биографу — Элисон Осиус, участнице Всеамериканской альпинистской команды и многолетнему автору и редактору журнала Climbing [«Скалолазание»]. Да, Герр лишился ног. Но никто не смеет заявлять, будто он теперь не может заниматься скалолазанием. Еще чего.

Через семь недель после того, как ему ампутировали нижнюю часть ног, Герр залез в машину к своему старшему брату Тони, и они отправились к череде утесов, возвышающихся вдоль реки Саскуэханна. Он годами проделывал на отвесных горных склонах всякие трюки, которые другие считали невозможными, но даже сам Герр поразился, как многое ему удалось в тот день.

Ослабевший, еще только приходящий в себя после операций, Герр с трудом держался на своих недавно полученных искусственных ногах.

Но это при обычной ходьбе. Оказавшись на склоне горы, он ощутил себя совершенно по-другому — несмотря на то что теперь у него были искусственные конечности. Он замечает: «Для меня казалось куда более естественным ковылять на всех четырех, чем ходить».

К лету Герр вовсю экспериментировал со своими протезами в местной механической мастерской: он хотел приспособить их к лазанью на скалы. Каждые несколько недель он ездил в Филадельфию, чтобы встретиться с протезистом Фрэнком Малоном для очередной подгонки и очередных усовершенствований. Герр уже сам начал пытаться менять конструкцию своих новых ног, варьируя их длину и пробуя различные материалы, чтобы сделать протезы легче.

«Я понял, что моим протезам совершенно не обязательно походить на человеческие конечности, — говорит он. — Я мог с чистого листа создать любое протезирующее устройство, и главным для меня были их форма, функции и усиление моих возможностей».

Герр чувствовал себя очень глупо, напяливая альпинистские ботинки на концы протезов. Так что он выбросил ботинки и просто приклеил альпинистскую резину непосредственно к подошвам своих механических ног. Затем он стал работать над их формой. На труднейших объектах, где — как он планировал — ему придется стоять на узких скальных выступах шириной с десятицентовую монетку, обычные ступни — только помеха. Так что он спроектировал протез размером примерно с младенческую ступню. Он сконструировал пару ступней с пальцами, сделанными из ламинированных лезвий, которые он мог бы вбивать в крошечные щели в горной породе, слишком узкие для того, чтобы удержать нормальную человеческую ногу. Он создал еще одну пару шипастых ступней, которые позволяли ему карабкаться вверх по ледяным стенам, как по камню. Он сделал длину искусственных ног изменяемой: она могла достигать 7 футов 5 дюймов [2 м 26 см], поэтому он мог в поисках опоры и места для захватов дотягиваться руками и ногами очень далеко — гораздо дальше, чем любой обычный альпинист. По всей длине протезов, сделанных из алюминиевых трубок, Герр просверлил отверстия, тем самым сделав эти ноги такими легкими, что они лишь едва-едва выдерживали вес его тела, зато благодаря этому он мог делать с ними большее количество подтягиваний, а кроме того, подниматься на горы выше и быстрее.

«Благодаря технологическим новшествам я вернулся в свой вид спорта более сильным и умелым», — замечает Герр.

Другие скалолазы начали собираться небольшими группами у подножия крутых и неровных утесов, состоящих из обломочной породы, — просто чтобы посмотреть, как работает Герр. В сотне футов над рекой Саскуэханна он передвигался по отвесной каменной стене, по его накачанным бицепсам и плечам струились ручьи пота, сверкавшие под полуденным солнцем, его лицо являло собой сосредоточенную маску, его биологические ноги кончались культями в нескольких дюймах ниже колена, переходя в какие-то странные современные устройства, отливавшие металлическим блеском. Тело Герра стало легче. Он мог теперь двигаться быстрее, подниматься под немыслимыми для других углами, преодолевать немыслимые для других участки. Хью Герр не был никаким инвалидом. Его тело получило дополнительные возможности.

Потребовалось совсем немного времени, чтобы Герр задался довольно очевидным вопросом. Если он после небольших конструкторских ухищрений сумел так преобразить свои ноги, чтобы лучше залезать на скалы, чего он мог бы добиться, решив улучшить ноги для того, чтобы перемещаться по горизонтальному миру? Если он смог создать ноги, позволившие ему дотягиваться руками до каменных выступов, в подобных ситуациях обычно находящихся вне досягаемости альпинистов, что еще он мог бы сотворить?

* * *

Под холодным моросящим дождем я пересекаю вымощенную красным кирпичом дорожку, идущую через площадь Кендалл-сквер (город Кембридж, штат Массачусетс), и направляюсь в офис Хью Герра, расположенный в гладкобоком модернистском здании — одном из корпусов Массачусетского технологического института (МТИ). Прошло уже больше четверти века со времени этого несчастного случая и с той поры, когда юный вундеркинд изумлял собрать ев_скалолазов своими модифицированными алюминиевыми ногами. Сегодня я не буду наблюдать за маневрами аль пинистов на отвесных скалах. Однако вскоре после моего прибытия Герр совершает куда более запоминающийся физический подвиг. Он встает с кресла и надевает куртку. Он ведет меня вниз по лестнице, а затем через занесенную снегом площадь. Он движется быстрой, целеустремленной походкой.

Герр обут в дорогие итальянские ботинки и одет в зеленую куртку_пуховик. Его «ноги» не видны под модельными джинсами. Я пытаюсь обходить наледи и спотыкаюсь на неровной земле, а он

непринужденно болтает о том, в каком ресторане нам лучше посидеть. Если бы я не знал о несчастном случае, если бы я не слышал это слабое металлическое поскрипывание, которое словно бы ускоряется и замедляется при каждом изменении в бодрой поступи Герра, я бы, наверное, и не подумал, что этот подтянутый, брызжущий жизненной силой мужчина атлетического телосложения, еще без всяких намеков на лысину, в другие времена — в любые другие времена — считался бы безнадежным инвалидом.

Впрочем, не успел я войти к нему в кабинет, как Герр с невозмутимым видом задрал свою отлично выглаженную штанину, чтобы показать мне, насколько далеко его завели инженерные приключения с тех первых дней, когда он ковырялся со своими протезами много лет назад.

Пятью дюймами ниже коленей, в том месте, где врачи некогда провели ампутацию, природные ноги Герра переходят в алюминиевые трубки дюймового диаметра, а еще ниже виднеется множество серебристых шестерен и проводов, питающих плоские черные ступни, напоминающие шлепанцы.

Каждая из этих бионических конечностей содержит три внутренних микропроцессора и прибор для измерения инерционного движения размером с четвертак. Вообще-то эту штуку разрабатывали для систем наведения ракет, но здесь она отслеживает и корректирует положение ступни в пространстве, реагируя на изменение в характере поверхности и в скорости ходьбы — и позволяя Герру отталкиваться от земли в семь раз сильнее, чем лучшие из предыдущих протезов, и при этом тратить меньше сил. Искусственные ноги Герра снабжены моторчиками и могут, приноравливаясь к обстоятельствам, до 500 раз в секунду изменять свои параметры — углы по отношению к поверхности и остальному телу, общую жесткость, крутящий момент. Герр называет их «роботами, которые ты носишь, словно обувь».

«Скоро придет день, когда такого рода приспособления будут не более необычными, чем очки, с помощью которых многие из нас сегодня улучшают свое зрение», — говорит он мне.

Конечно же, это некоторая натяжка — сравнение бионических конечностей Герра с парой очков. Уже само это «железо» кажется (и не зря) очень впечатляющим, сложно устроенным и высокотехнологичным. Еще сложнее и высокотехнологичнее используемый в нем, «софт», а ведь он вдобавок еще и опирается на реальную информацию, определяющую точно выверенные движения множества составных частей этих роботов, сделанных по последнему слову техники. Первые протезы, который Герр много лет назад соорудил для лазанья по скалам, отличались от

природной конструкции мириадами разнообразнейших особенностей, выбранных довольно-таки произвольно: взять хотя бы эти насадки, которые удлиняли его конечности до 7 футов 5 дюймов, или ступни младенческого размера, или пальцы ног с лезвиями на концах. Герр с готовностью принял возможность освободиться от присущей человеку формы и всячески экспериментировать. Он мечтал, что когда-нибудь сможет надеть крылья на свои нижние конечности. Но с тех пор, как 20 лет назад Герр приехал в массачусетский Кембридж для того, чтобы получить диплом МТИ, усилия изобретателя увели его в противоположном направлении. Пожалуй, он и сам такого не ожидал.

Исследуя инженерные проблемы, которые ставит перед изобретателями обычное движение человека, и отклоняясь от этого «биологического прецедента», Герр постепенно стал ценить утонченную сложность и своеобразную гениальность естественной формы человеческого тела. И он осознал: для того, чтобы эффективно дополнять и улучшать тело, нужно первым делом заняться обратной инженерией и расшифровкой тех решений, к которым природа прибегает на самом микроскопическом уровне. А потом уж имеет смысл пытаться усовершенствовать эти решения. Герр понял, что в процессе этой работы ему, возможно, удастся помочь многим людям.

Сегодня Хью Герр — один из ведущих дизайнеров протезистов мира. Он создает и устройства, которые восстанавливают функции, утраченные инвалидами, и приспособления, которые расширяют возможности абсолютно здоровых людей. Изучая то, как человек движется (то, каким именно образом наши связки, сухожилия и мышцы накапливают, передают и высвобождают энергию), Герр и его коллеги преобразуют наше восприятие собственных врожденных ограничений. И это позволило Герру сделать нечто такое, что он долго считал для себя невозможным, уже почти смирившись с такой невозможностью.

Хью Герр снова ходит — по-настоящему ходит.

* * *

Можно представить себе человеческое тело и те его составляющие, которыми мы пользуемся при движении, как несложную систему тяг и блоков — например, такую, при помощи которой управляют марионетками. Наши кости — «строительные леса», которые придают форму этой системе. Мышцы и сухожилия — «приводы», которые движут этими лесами, дергая их в ту или другую сторону. Связки удерживают все это вместе. Именно посредством такой системы Герр взбирался на свои горы;

именно благодаря ей я поднимаю и ношу свою четырехлетнюю дочь, а потом осторожно укладываю ее в кровать, когда она заснет; именно так все мы осматриваемся, впитывая информацию о том, что нас окружает, и затем протягиваем руки, чтобы изменять мир. Тяги и приводы — вот что всем этим движет.

Но если всмотреться чуть пристальнее, мы увидим: то, что могло бы показаться немудреной системой, на самом деле устроено гораздо изощреннее. Эти основные компоненты, объединившись в несметном количестве, образуют сложнейшую паутину, способную не только управлять движением в реальном времени, но и накапливать, передавать, выбрасывать и снова аккумулировать невидимый ингредиент, который делает возможным всякое движение, — энергию. Мириады суставов, сухожилий, мышц и костей нашего организма согласованно действуют для того, чтобы жонглировать этим основополагающим параметром, хранить его и в нужные моменты высвобождать. Эти методы природа оттачивала на протяжении тысячелетий, стремясь к максимальной эффективности. И много столетий из-за обескураживающей сложности этих процессов мы не понимали, каким же именно образом эти разнородные компоненты сочетаются друг с другом и совместно функционируют для того, чтобы вырабатывать, хранить и высвобождать энергию, необходимую нам для того, чтобы бросить камень, побежать по равнине или даже просто проявить одну из основных человеческих способностей — пойти на двух ногах. Если человеческое тело и представляет собой систему тяг, то эти тяги словно бы сделаны из резинок. И эти эластичные полоски сплетены воедино куда более затейливо, чем паучья сеть с ее относительной симметричностью.

«Для того чтобы в точности воспроизвести хотя бы *двухмерные* движения человеческой руки, нужно одновременно измерять параметры 29 различных мышц, которые совместно действуют, уравновешивая друг друга», — отмечает Патрик ван дер Смагт, возглавляющий лабораторию робототехники и машинного обучения в Мюнхенском техническом университете. Ван дер Смагт входил в состав группы, которая пыталась сконструировать бионическую руку.

Согласно большинству современных оценок, в организме человека примерно 206 костей, 360 суставов, 700 мышц, 4000 сухожилий и 900 связок. На протяжении почти всей истории человечества ни у кого не было инструментов для того, чтобы эффективно измерить их параметры, не говоря уже о том, чтобы эффективно воспроизвести что-нибудь из этих штук. Ими больше занимались художники и скульпторы, а не ученые. И в медицине

попросту не существовало аналогов Витрувианского человека, которого изобразил Леонардо да Винчи, показав с помощью круга пропорции человеческого тела.

Хью Герр столкнулся с этим реальным положением дел самым наглядным и опустошающим образом — после того, как с ним произошел несчастный случай. До утраты нижних частей ног он мало задумывался о том, как человеческая нога взрывным толчком отскакивает от земли, порождая движение. Но в первые дни после инцидента, когда Герр пытался как-то приспособиться к своим новым гипсовым «ногам», ему трудно было думать о чем-то другом. К его культям прикрепили жесткую, неподвижную, безжизненную тяжесть, которая тянула его вниз, а не толкала вверх, как делают все нормальные ноги. Вначале Герру повезло: он сумел удрать от всего этого в страну скалолазов, ставшую для него убежищем, где можно нарушать обычные законы земного тяготения и где он мог по-настоящему расцвести. Поднявшись на тысячи футов, он окидывал взглядом бесконечные акры грубых каменистых откосов, панорамы зеленых долин и быстрых ручьев, — и чувствовал себя свободнее, чем когда бы то ни было.

Но в конце концов ему даже этого перестало хватать. Жесткие протезы Герра не обладали естественной упругостью, которую дают ногам обычные сухожилия лодыжек и ступней. Когда он ходил, протезы до крови натирали ему культи и заставляли его слишком сильно напрягать коленные мышцы. Некоторые из его искусственных ног были снабжены ступнями, которые могли помещаться в обычной обуви, и их пластик часто имел цвет обычной кожи, чтобы протез походил на нормальную ногу. Но, если честно, эти палкоподобные протезы все равно были немногим лучше деревянной ноги ветерана американской Гражданской войны: получалось, что с XIX в. в этом смысле почти ничего не изменилось.

Чем больше Герр возвращал себе свободу движений по вертикальной скале, тем больше его огорчали те ограничения, которые он испытывал, перемещаясь по обычной горизонтальной поверхности. И тем больше он убеждался: ему нужно хоть что-то предпринять.

«Медицинское сообщество норовило всучить мне эти приспособления и заявить: это самые лучшие, как-нибудь проживешь с ними, — говорит Герр. — Я просто не мог смириться с этим: неужели то, что они мне дают, — это лучшее из того, что мы можем произвести?»

И вот однажды вместо того, чтобы попытаться сделать ногу, более удобную для лазанья по скалам, Герр начал пытаться сделать ногу, которая не причиняла бы ему такую жуткую боль

при ходьбе. Сначала он попробовал подбивать чашки протезов кожей и резиной, чтобы смягчить эту зону соприкосновения с культями. А потом Джефф Батцер, друг Герра, выживший вместе с ним после памятного восхождения на гору Вашингтон, познакомил его с протезистом и техником-ортопедом Барри Гостняном, который согласился попробовать помочь Герру развить его идеи. Вдвоем они устроили мозговой штурм. Гостнян, в свое время служивший авиамехаником во Вьетнаме, вспомнил гидравлические амортизаторы, которые использовались в самолетных шасси. «Может быть, — предположил он, — определенного рода гидравлическая подушка смягчит трение в чашке протеза?»

Осенью того же года Герр поступил в Миллерсвилльский университет — государственное учебное заведение в Центральной Пенсильвании. Раньше он всегда был посредственным учеником, получая в основном C, а иногда и D: обстановка в классе отнюдь не действовала на него вдохновляюще. Но теперь у Герра появились веские причины атаковать изучаемые предметы с такой же сосредоточенностью и интенсивностью, как и при подготовке к штурму Супертрещины. Врожденную точность работы и терпеливую стойкость, которые Герр проявил, сооружая свою гигантскую копию скалы в родительском сарае, он теперь направил на освоение математики и физики.

Ко времени окончания университета Герр уже получил совместно с Гостняном патент на чашку протеза с надувными прокладками-пузырями, призванными уменьшить болезненное натирание. Эти «подушки», сделанные из мягких и гибких полиуретановых мембран, располагались везде, где участки его культи, несущие на себе тяжесть тела, давили на выемку протеза: тем самым они смягчали воздействие этого давления на культи именно там, где это необходимо.

Между тем Герр завершил восхождение из глубин учебной апатии на впечатляющие высоты: не менее удивительный подвиг, чем его знаменитый подъем на Супертрещину. Когда-то он получал только C и D, вяло отбывая школьную повинность и мечтая о скалолазании. Теперь же он по всем предметам зарабатывал только высшую оценку — A. Мало того: в придачу к отличным отметкам и патенту Герр еще и получил приглашение в аспирантуру МТИ по специальности «Механическая инженерия».

* * *

В IV в. римский теоретик и историк военного дела Публий Флавий Вегеций Ренат подробнейшим образом описал одну из самых устрашающих боевых машин своей эпохи — катапульту.

Это универсальное оружие могло выпускать по врагу снаряды различного типа и применялось для выполнения множества задач. Так, с его помощью вы могли сшибать целые легионы неприятельских воинов, словно кегли, или проламывать стены города, который вы осаждаете, или — как это очень любили делать монголы — забрасывать на площади вражеских городов заразные трупы жертв бубонной чумы, чтобы привести в ужас местных жителей.

Само это устройство представляло собой чудо тогдашней техники. Однако один из его ключевых компонентов существовал столько же, сколько существовал на Земле класс млекопитающих. Вегеций отмечает, что лучшие пружины, эти гигантские «резинки», которые использовались в таких боевых машинах для выбрасывания в воздух смертоносных снарядов, делались из воловьих жил — сухожилий, извлеченных из шей быков или волов. В других катапультах применялись свитые косичкой канаты, сделанные из ахиллесовых сухожилий тех же животных.

Современные ученые иногда с удивлением оглядываются на эти примеры древнего хитроумия и иронически улыбаются: некоторые из них упоминали об этих случаях, когда я беседовал с ними, готовя свою книгу. Несмотря на то что еще в IV в. очень многие хорошо знали о любопытных свойствах сухожилий, потребовалось еще 16 столетий, прежде чем мы начали понимать ту важнейшую роль, которую необычайная эластичность сухожилий играет в биомеханике движений человека и животных, особенно их ходьбы и бега.

Забавно, что открытие, с которого начались эти новые исследования, тоже совершил уроженец римских земель. В 1950-е гг. Джованни Каванья, физиолог из Миланского университета, набрал добровольцев для занятий на беговом тренажере, оснащенном пластинами, чувствительными к нагрузке и способными измерять и записывать ту силу, которую человек прилагает к поверхности при каждом шаге. Оценив количество выдыхаемого при этом углекислого газа и потребляемого при этом кислорода (вероятно, он воспользовался результатами предшествующих экспериментов, где эти параметры измерялись с помощью специальной маски), Каванья сумел рассчитать количество калорий, расходуемое при каждом шаге, и сравнить его с той силой, которую при этом порождает бегун. Результаты поразили ученого. Получалось, что испытуемые потребляют значительно меньше кислорода, чем требовалось бы для выработки того количества энергии, которую они, судя по всему, генерировали для каждого своего шага. Получалось, что если его расчеты верны (а Каванья, конечно же, проверил их не один и не

два раза), то «дополнительная» энергия шагов должна браться откуда-то еще. И тогда исследователь выдвинул революционную гипотезу: «Почти половина этой энергии, — предположил он, — порождена таящейся в ногах «энергией эластичного отскока», какой-то формой динамически накапливаемой мощи, которая способна придать вашей походке больше живости». Ученый решил: не исключено, что нога ведет себя как своего рода пружина.

Какое-то время его гипотеза оставалась лишь гипотезой, но вскоре британский зоолог Роберт Макнил Александер почти случайно наткнулся на первые факты, позволяющие начать разбираться в том, как работают такие пружины. Александер заметил, что лошади иногда ломают ноги, прыгая через препятствия, и задался вопросом, почему это происходит. Ему хотелось узнать, какую именно нагрузку акт прыжка создает в нижних конечностях млекопитающих и насколько эта нагрузка близка к той, при которой нога ломается.

Чтобы выяснить это, Александер обучил немецкую овчарку по кличке Счастливчик скачками нестись по длинному коридору возле лаборатории, где работал ученый, и затем запрыгивать на специальную платформу. Перед самым прыжком датчики, вмонтированные в пол, записывали ту силу, с которой лапы собаки давят на поверхность пола, а камера фиксировала положение всех составных частей задних ног Счастливчика (дополнительно помеченных светоотражающей лентой и фломастером-маркером). Введя все эти данные в уже известные математические уравнения, Александер сумел рассчитать, какую силу развивает каждая часть ноги Счастливчика, когда он прыгает вверх.

Располагая этими сведениями, Александер произвел рассечение недавно умершего пса почти таких же размеров (труп он получил у ветеринара), а затем с помощью прецизионных лабораторных приборов приложил к частям ног мертвой собаки такие же силы, которые возникали при прыжке Счастливчика. Ученому хотелось понять, насколько близко эти силы подводят части ног к «точке перелома» и какую дополнительную силу нужно приложить, чтобы перелом произошел. Но чтобы это выяснить, требовалось разобраться, как взаимодействуют друг с другом все эти части ног. Александер сразу же заметил, что собачья мышца не очень-то движется вне зависимости от того, что вы с ней делаете. Но когда исследователь приложил к ахиллесову сухожилию ту силу, которая, по его расчетам, должна воздействовать на него при прыжке, он поразился.

«В то время любой анатом сказал бы вам, что сухожилие

нерастяжимо, что сухожилие не обладает эластичностью, — вспоминает он. — Но мы пришли к выводу, который тогда показался нам совершенно потрясающим».

Когда рассчитанную силу приложили к сухожилию Счастливчика, оно растянулось на целых 3 см. Впоследствии Александер убедительно продемонстрировал на примере довольно экзотического набора других животных (в их число вошли разные виды кенгуру и верблюд), что «пружинами» ноги млекопитающего являются не мышцы, как многие предполагали, а сухожилия.

Александер заключил, что особенно существенную роль играет при этом ахиллесово сухожилие: на его долю приходится около 35 % энергии, которую мы используем при беге. Изучая ампутированные ступни человека (результат операций, которым подверглись страдающие некоторыми болезнями периферийных сосудов) и нижние части ног верблюдов, Александер вскоре выявил еще одну природную пружину: она располагалась в своде стопы и, по его расчетам, обеспечивала еще 17 % энергии, необходимой ноге для каждого бегового шага. Вместе эти два сухожилия-пружины дают примерно половину той энергии, которую мы во время бега используем при каждом шаге. Так Александер разгадал тайну, с которой некогда столкнулся Каванья.

Позже ученые выяснили, что при сокращении мышца служит чем-то вроде стенки-упора, перенаправляющей энергию, которую поглощают сухожилия в тот момент, когда нога ударяется о землю, обратно вниз, тем самым заставляя сухожилия растягиваться подобно резинкам, накапливая потенциальную энергию. Чем жестче при этом мышца, тем сильнее растягивается сухожилие и тем больше количество запасаемой энергии.

Молодой гарвардский аспирант Норм Хеглунд расширил сферу этих исследований, обратившись к более крупным и менее кротким животным. Вскоре после того, как вышла статья Александера о кенгуру, оказавшая немалое влияние на ученый мир, Хеглунду поручили незавидное задание — колошматить палкой по крышке кастрюли и орать во все горло, чтобы напугать, улестить и убедить целый ковчег довольно здоровенных тварей, заставив их носиться взад-вперед по коридору, проходящему по подвалу при лаборатории Каваньи в Миланском университете. Наблюдая за этим с безопасного расстояния, группа более почтенных исследователей записывала результаты забегов при помощи видеокамер и пластин, чувствительных к нагрузке. Среди подопытных животных Хеглунда были два медвежьих макака[7], дикая индейка, долгоног, пара собак, баран весом около 185

фунтов [84 кг] и кенгуру.

«Хуже всего дело обстояло с мартышками, — вспоминал Хеглунд много лет спустя, — потому что они очень смышленые. Уставая от бесконечных повторений одного и того же эксперимента, они начинали вопить и повсюду носиться, делая всё что угодно, только не то, чего вы от них хотите. Потом они принимались гадить себе в ладони и метать в вас своими экскрементами. Наконец они просто физически атаковали вас. В ход шли зубы, ногти и всё прочее».

В итоге Хеглунд, Каванья и Чарльз Ричард Тейлор, гарвардский биолог, руководивший знаменитой Конкордской биостанцией, выявили две отличающиеся друг от друга схемы передвижения, позволяющие эффективно накапливать и расходовать энергию. Первая модель объясняла бег, вторая — ходьбу.

При беге пружинообразные сухожилия растягиваются в тот момент, когда нога ударяется о землю, и изменяют форму, чтобы накопить упругую (механическую) потенциальную энергию. Когда наша ступня отрывается от поверхности, сухожилия высвобождают эту накопленную энергию, словно резинка, и придают нам импульс, направленный вперед и вверх — и переходящий в наш следующий беговой шаг. «По сути, — объясняет Хеглунд, — при беге мы передвигаемся небольшими прыжками, словно баскетбольный мяч или пружинная ходуля "пого"».

Отметим, что при этом наши икроножные мышцы укорачиваются и удлиняются главным образом для того, чтобы менять жесткость системы, служа как бы регулятором громкости для ахиллесовых сухожилий. Чем жестче мышца, тем сильнее она натягивает сухожилие, а значит, тем большее напряжение к нему прикладывается. (Допустим, при пробежке нам попалась на пути лужа. Чтобы изменить длину шага, мы сгибаем ногу, делаем икроножную мышцу жестче, сжимаем сухожилие: это позволяет нам сделать короткий беговой шажок, после чего мы используем запасенную при этом энергию для того, чтобы перемахнуть через водную преграду.)

Эта же команда ученых выделила и другой тип движений, необходимый для ходьбы. Если при беге мы словно бы подпрыгиваем, как баскетбольный мяч, то при ходьбе наше тело сохраняет энергию скорее как качающийся маятник — еще одно рукотворное устройство, остроумно сконструированное для накопления и преобразования энергии. Точнее, при ходьбе наше тело действует как перевернутый маятник: туловище играет роль груза, закрепленного на нити, а нога играет роль собственно

нити. Как и в случае обычного маятника, при ходьбе центр масс нашего тела то поднимается, то опускается, ускоряясь и замедляясь при каждом шаге. Нога при этом также совершает ритмические движения, расходуя энергию и теряя скорость, пока конечность идет вверх, преодолевая силу земного притяжения, и снова приобретая энергию, импульс и скорость на пути вниз, когда те же гравитационные силы, которые замедляли ее на пути вверх, толкают ее вперед. По оценкам Каваньи, этот силовой цикл, движимый гравитацией, обеспечивает до 60–65 % энергии, направляющей вперед каждый наш шаг при ходьбе, так что на долю мышц остается всего 35–40 %[8].

Работы Каваньи, Тейлора и Хеглунда позволили дать научное объяснение тому, чего не хватало старомодным протезам Хью Герра. В нормальной ноге сухожилия и мышцы тела образуют хитроумную сеть, способную передавать энергию туда-обратно, накапливать и высвобождать ее. Когда Герр ходил на своих безжизненных подпорках, не могло быть и речи о каких-то имеющихся в них мышцах или сухожилиях, которые захватывают и перерабатывают энергию: эти штуки просто висели на нем мертвым грузом. Разумеется, вскоре осознание этого факта сыграло важнейшую роль в усилиях Герра и его коллег по коренному преобразованию сферы дизайна протезов.

Однако, приступив к изучению основ биомеханики, Герр тут же задался еще одним вопросом: может ли он использовать эти открытия для того, чтобы еще лучше взбираться на вертикальные поверхности?

В один ясный день, года через два после завершения своих аспирантских штудий в МТИ, Герр добрался до знаменитого колорадского каньона Эльдорадо, расположенного близ Боулдера, в иззубренных предгорьях Скалистых гор. Он был в отпуске. На нем был облегающий спортивный костюм из черной лайкры. Его ляжки балансировали на паре коротеньких металлических стержней, прикрепленных к ступням младенческого размера. Но больше всего в его облачении бросалось в глаза то, что змеилось из флуоресцентной желтой скалолазной укладки, опоясывающей его тело.

Вместо обычных страховочных тросов и металлических зажимов, которые использует большинство скалолазов, Герр присоединил к своей «упряжи» длинные эластичные нити, похожие на сплетенные в косички резиновые полоски. Другие концы нитей он закрепил на внутренней части рук, ближе к плечам. Он назвал этот наряд «костюмом Человека-паука». Для тех, кто все-таки не обратит внимания на эту супергеройскую тему, Герр внес в свое восхождение еще один элемент: он стал

подниматься на отвесную скалу без всяких страховочных веревок.

Всякий раз, когда смельчак тянулся вверх в поисках новой опоры для руки, паутина резинок, соединяющих его трицепс с упряжью, натягивалась подобно набору синтетических сухожилий, заставляя его преодолевать это сопротивление с помощью трицепса и мышц спины. Эта паутина создавала дополнительное сопротивление и для пальцев, когда он раскрывал ладонь и тянул руку вверх, чтобы ухватиться за подходящий выступ или выемку. Вся потенциальная энергия, получаемая таким образом, накапливалась в его костюме Человека-паука благодаря искусственным сухожилиям, вытягивающим энергию из тех групп мышц, которые обычно пребывали в праздности во время восхождений Герра.

А затем, когда Герр подтягивался вверх, используя уже другую группу мышц, эластичная паутина постепенно отдавала накопленную энергию, помогая ему подниматься и вдвое уменьшая нагрузку на его плечи и бицепсы. Вскоре Герр уже оказался на высоте шестиэтажного дома.

На видео, которое было тогда снято, можно увидеть его партнера, никакого не инвалида, пытающегося угнаться за Герром, который первым достигает вершины и победно вскидывает кулак. Он по-прежнему был полон задора. И благодаря новым технологиям он развивал свои возможности еще дальше.

«Можно ли, присоединив к телу какой-то механизм, извлечь из тела больше работы, прежде чем оно устанет? — спрашивает Герр. — Я задался этим вопросом. Ответ — да. В сущности, вы как бы удваиваете мышечную массу, но общая нагрузка остается той же, поэтому вы можете сильно отсрочить наступление усталости. Попросту говоря, благодаря этому приему можно сделать человека вдвое сильнее».

У Герра возник и другой вопрос, на который его вдохновили приобретенные познания. Может быть, он сумеет использовать то, что известно о природных пружинах тела человека и других животных, для увеличения скорости бега? Чтобы это выяснить, он стал конструировать кроссовки нового типа. В каждой имелось по две пружины — на пятке и на носке. Герр соединил эти пружины углеродной полоской, идущей по всей длине подошвы обуви. Когда пятка бегуна ударяется о землю, пяточная пружина сжимается, накапливая потенциальную энергию. По мере того как ступня наклоняется вперед, постепенно перенося туда же вес тела, потенциальная энергия пяточной пружины распространяется под точками контакта стопы с землей, пока не достигнет носка. А затем, в тот момент, когда бегун отрывает

носок от земли, передняя пружина отдает свою энергию, придавая бегуну дополнительный импульс, направленный вперед. Герр провел множество экспериментов и наконец определил оптимальные места размещения пружин для такого усиления энергии. Система позволяла не только увеличивать скорость бега и снижать метаболические затраты на бег, но и на целых 20 % уменьшать силу воздействия бега на суставы.

Герр предложил свои кроссовки компании Nike, которая отнеслась к его изобретению весьма серьезно, поскольку даже обратилась к гарвардцу Томасу Макмэхону, одному из тогдашних ведущих специалистов по биомеханике, чтобы он оценил идею. И хотя компания в итоге все-таки не стала заниматься этим продуктом, он произвел большое впечатление на Макмэхона. Так Герр нежданно-негаданно заполучил идеального наставника, способного вывести его творения на следующий уровень. В 1990 г. Макмэхон выстроил подробную физико-математическую схему, которая стала основой для всех дальнейших работ в этой сфере, поскольку сводила сложнейшую динамику человеческого передвижения в пространстве к довольно простым уравнениям, позволявшим делать точные предсказания насчет движения.

Макмэхон уговорил Герра записаться на курс, который он читал в Гарварде, а позже стал научным руководителем диссертации альпиниста. Макмэхон предложил не воспринимать все эти суставы, мышцы, сухожилия и связки ноги как отдельные детали, а рассматривать всю конечность как одну пружину. Благодаря такому подходу ахиллесово сухожилие и природные пружины свода стопы можно было считать просто звеньями единого прыгучего механизма. Метод сработал, поскольку, как и в случае цельной пружины, ту силу, которую развивает конечность, и степень сжатия конечности можно выразить через еще один упрощенный параметр — совокупную нагрузку со стороны различных частей тела, воздействующую на единичную точку в пространстве (и оказывающую на нее давление, направленное вниз или «вовне»). Физики называют эту штуку точечной массой.

Макмэхон показал: если известна точечная масса и угол, под которым, например, ступня соприкасается с землей, можно предсказать, сколько времени нога проведет на поверхности, прежде чем подскочить вверх, и насколько она при этом сожмется. Можно определить, с какой «взрывной» силой нога будет отрываться от земли и как центр масс движущегося человека будет перемещаться по воздуху между шагами. Верно и обратное: если измерить, сколько времени нога остается на земле между шагами, можно (узнав и некоторые другие параметры)

рассчитать точечную массу.

Под руководством Макмэхона неутомимый Герр несколько месяцев разбирался в изящной и чарующей механике движения лошадей, скачущих галопом. Может показаться, что временами все четыре ноги животного одновременно находятся в воздухе: пожалуй, биомеханика лошадей позволяет им подойти к состоянию полета ближе, чем каким-либо другим четвероногим. Однако эта биомеханика долго оставалась тайной для человека. Как скакуны ухитряются сохранять равновесие? Герр пришел к выводу, что лошадь использует свои ноги в качестве податливых пружин, идеально откалиброванных для того, чтобы обеспечить оптимальную жесткость, которая способствует и высокой стабильности, и высокой скорости, создавая тонко выверенный баланс — максимизируя время пребывания в воздухе так, чтобы при этом животное все-таки еще могло контролировать свое движение. После кропотливой работы Герр построил математическую модель, которая смогла выразить собой разгадку этой тайны и объяснить, почему лошадиный бег так изящен.

Герр получил кандидатскую степень, смоделировав динамику передвижения целого ряда четвероногих животных — от мышей до слонов. Но в ходе этой работы Герр начал обдумывать более амбициозный проект, хотя многие в то время сочли бы его попросту неосуществимым. Годами Герру приходилось полагаться на жесткие, неуклюжие протезы, которые совершенно не позволяли проявлять подвижность, мощь и непринужденность, какими некогда обеспечивали его природные ноги. Он вынужден был карабкаться на скалы, чтобы ощутить вкус подлинной свободы движений. Теперь же Герр задумался, нельзя ли сконструировать устройство получше. Ему хотелось заполучить искусственные конечности, которые позволили бы ему ходить почти так же, как на обычных человеческих ногах, с которыми он родился.

* * *

Хью Герр поднимается с кресла в своем кабинете со стеклянными стенами, расположенном на третьем этаже Медиа-лаборатории МТИ, и ведет меня по узенькому мостику, откуда открывается вид на гигантское рабочее пространство. Держась за металлические перила винтовой лесенки, Герр аккуратно и без видимых усилий спускается вниз на паре механических ног, которые сделал он сам.

Вскоре мы оказываемся в колодце просторной лаборатории — мастерской чародея-механика, где громоздятся штабеля ящиков с инструментами, где длинные верстаки завалены молотками, дрелями и проводами, где полным-полно индивидуальных

клетушек-ячеек для каждого бойца небольшой армии аспирантов и молодых инженеров, работающих с Герром. Целые заросли проводов свисают со столов, исчезая в невидимых приборах и двигателях, таящихся в металлических шкафах и коробках: чем-то это напоминает джунгли, захватившие форт. Если такой беспорядок — признак творческого таланта, то здесь явно не испытывают недостатка в идеях.

Мы находимся в самом сердце амбициозного проекта, руководимого Герром. Цель проекта — разгадать тайны человеческого движения и использовать эти знания для того, чтобы конструировать бионические части тела, способные воспроизводить это движение, а иногда и превосходить возможности, которые дала человеку природа.

Вслед за Герром я направляюсь к его новому 3D-принтеру, который он намерен использовать для печати протезов. Затем мы проходим мимо верстаков, на которых лежит масса отдельных искусственных рук и искусственных ног; эту картину кое-где разнообразят мониторы. Наконец мы останавливаемся перед одной из самых заметных и необычных достопримечательностей помещения — длинной дорожкой бегового тренажера, чуть приподнятой над полом. По форме она походит на изрядный фрагмент движущейся ленты, по которой мы ходим в аэропортах. На дорожку устремлены под разными углами более 30 камер: какие-то свешиваются с потолка, какие-то располагаются вокруг.

Перед тем как попросить очередного испытуемого встать на дорожку тренажера (или перед тем, как встать на нее самому), Герр прикрепляет сантиметрового размера метки-отражатели на все сколько-нибудь заметные — с анатомической точки зрения — участки тела. Этих отражателей как минимум несколько десятков. Когда испытуемый — или сам Герр — поднимается на тренажер и начинает идти, остается лишь нажать несколько кнопок, и камеры начнут собирать точнейшие сведения о том, как составляющие человеческой ноги взаимодействуют друг с другом, порождая движение: для этого отслеживается положение меток при их движении в пространстве. Эти данные передаются в компьютер для последующего анализа.

Такая информация позволяет Герру и его коллегам, к примеру, точно определять, как меняется с течением времени угол сгиба ног в коленях, как движение правого бедра отражает изменения, происходящие при этом с лодыжкой, как всё это связано с выгибом ступни.

Такие системы «захвата движения» (вероятно, сегодня самый знаменитый их поставщик — компания *Vicon*) произвели настоящий переворот не только в том, что касается исследований

движения, которые проводят в последние годы Герр и другие инженеры, но и в целом ряде других сфер. Мультипликаторы используют их для того, чтобы записывать движения живых актеров и затем заставлять своих анимационных персонажей жизнеподобно шевелиться на экране[9]. Может быть, вы видели баскетболиста Леброна Джеймса в рекламе видеоигр компании EA Sports, где он отправляет мяч в кольцо и где все его тело покрыто маленькими мячами-отражателями? Таким способом аниматоры компании старались придать достоверность двойнику Джеймса, действующему в их игре. Но эта технология идет на пользу не только виртуальному спорту. Тренеры бейсбольных команд «Бостон Ред Соке», «Сан-Франциско Джайентс» и «Милуоки Брюэрс» используют ее для записи движений своих питчеров при броске, а затем предлагают изменения, позволяющие добиться максимальной плавности движения и максимальной силы, которая при этом может вырабатываться. А в одной лаборатории Южного методистского университета (в Далласе) профессор биомеханики Питер Вейэнд работает с некоторыми из лучших спринтеров мира, анализируя механику движения их ног (и непосредственно в лаборатории, и изучая видеозаписи), пытаясь понять, что же делает их столь стремительными, а заодно и стараясь предложить изменения, которые могли бы оптимизировать их бег.

С помощью технологии захвата движения и компьютерного анализа Вейэнд показал, в частности, что скорость, которую развивают ведущие спринтеры, связана с силой и ритмом соприкосновения ступней с землей: именно благодаря этому особому сочетанию они могут совершать микропрыжки на более значительные расстояния. Эта скорость имеет мало отношения к так называемой изометрической силе бегунов — иными словами, к тому, какую тяжесть они способны вытолкнуть вверх при помощи своих ног[10] Скорость таких бегунов больше определяется ритмом их движений, а также углом, под которым их ступня соприкасается с землей, той силой, с которой она воздействует на поверхность, и тем интервалом, в течение которого она не отрывается от земли. Все эти факторы спортсмен может оптимизировать, совершенствуя свою физическую форму и постоянно тренируясь.

Герр нашел еще одну область применения для этой технологии. Когда он получил кандидатский диплом и всерьез начал заниматься дизайном искусственных ног, практически все имевшиеся на рынке протезы лодыжек и ступней представляли собой пассивные приспособления. Их разработчики встраивали внутрь пружинные механизмы, служившие амортизаторами при

ходьбе, однако не предпринимали никаких усилий для того, чтобы воссоздать ту способность вырабатывать энергию, которой обладают мышцы людей, по-прежнему имеющих нижние конечности, дарованные им природой. Герру казалось, что для него такое дизайнерское решение неизбежно влечет за собой проблемы. И он пришел к выводу: начинать надо с лодыжки и ступни.

Герр внимательно изучил работы еще одного ученика Макмэхона. В 90-е годы Клэр Фэрли убедительно показала, что человеческая лодыжка представляет собой, по сути, основной сустав, с помощью которого мы регулируем жесткость всей ноги. А поскольку именно увеличение жесткости повышает «прыгучесть» ноги (и дает больший выброс энергии, когда это необходимо), Герр понимал: лодыжку можно рассматривать даже как основной «мотор» ноги. Изменяя уровень мышечной активации, а значит, жесткость и прыгучесть, лодыжка служит своего рода «регулятором громкости», позволяющим увеличивать или уменьшать силу и скорость нашей ходьбы.

«Изменения в лодыжечном суставе сказываются на общей жесткости ноги, — замечает Дэн Феррис, профессор биомеханики Мичиганского университета и бывший аспирант Фэрли: вместе с ней он написал несколько важнейших статей по биомеханике ноги и лодыжки. — Лодыжка управляет всей ногой».

Герру казалось очевидным, что именно пассивность «мертвого груза» искусственных лодыжек могла бы объяснить многочисленные и разнообразные страдания тех, кто пережил ампутацию нижних конечностей или их части. Даже с самыми лучшими моделями, имеющимися в продаже, большинство ампутантов ходили медленнее обычных людей и хуже удерживали равновесие. Их походка выглядела чудноватой, а приспособления, на которых они передвигались, часто вызывали проблемы со спиной. Вероятно, важнее всего здесь то, что, когда ходит человек с нетронутыми нижними конечностями, количество энергии, которую расходуют его икроножные мышцы, возрастает с увеличением скорости ходьбы. Герр полагал, что нехватка лодыжечной энергии в протезах — одна из главных причин, по которым ампутанты тратят при ходьбе на 30 % больше энергии, чем люди с неповрежденными нижними конечностями. Когда нет нормально функционирующей лодыжки, способной модулировать жесткость, упругость и прыгучесть ноги, ходьба значительно менее эффективна.

«Я стал думать о протезах, которые я предпочел бы носить, и о том, как важно, чтобы компьютер контролировал протез и позволял варьировать жесткость, когда человек идет и когда

человек бежит», — вспоминает Герр.

И он решил создать математическую модель, которая бы точно описывала, каким именно образом взаимодействуют различные компоненты нижней части ноги. Чтобы это сделать, требовалось задать ряд фундаментальных вопросов насчет обычного поведения обычной, ноги. К. примеру, какое количество энергии вырабатывает нормальная икроножная мышца мужчины ростом 5 футов 9 дюймов [175 см] непосредственно перед тем, как ступня оттолкнется от земли? Или: как сокращение этой мышцы влияет на степень жесткости сухожилий, которые к ней прикреплены? Насколько жесткой становится лодыжка, когда человек пытается замедлить свое движение?

Чтобы получить данные, необходимые для ответа на такие вопросы, Герр вместе со своей группой несколько месяцев перелопачивал результаты предыдущих исследований, отбирая всё, что на тот момент было известно о динамике человеческой ноги и о взаимодействии структур, входящих в ее состав. Если научная литература на ту или иную тему оказывалась слишком скудной, Герр пытался заполнить пробелы, прибегая к помощи добровольцев-неинвалидов и используя технологию захвата движения, чтобы подробно охарактеризовать то, как они перемещаются.

Создавая свое всеобъемлющее математическое описание функционирования ноги, Герр приступил к разработке робопротеза, способного трансформировать всю эту математику обратно — в реальные движения. Чтобы воспроизвести природную способность лодыжки тормозить при ходьбе вниз по склону, Герр модифицировал одно из своих предыдущих изобретений, которое он создал для контроля жесткости коленного протеза. Это устройство состоит из скользящих стальных пластин, отделенных друг от друга маслянистой жидкостью, которая в магнитном поле становится более густой. Электросенсоры измеряют угол приложения и уровень силы, с которой пользователь протеза воздействует на лодыжку, и в соответствии с этими данными компьютер варьирует напряженность магнитного поля. А чтобы определять расположение лодыжки в пространстве и на основании этой информации менять угол наклона искусственной ступни (если, скажем, ступня на несколько мгновений зависла в воздухе при спуске по лестнице), Герр встроил в протезы такие же датчики, которые используются в системах наведения ракет.

Чтобы наглядно следить за своими достижениями, Герр создал собственного виртуального двойника. Изобретатель демонстрирует мне его на большом мониторе.

Это примитивное изображение туловища с ногами, которое бредет по экрану, словно пьяный или слепой. Хотя графика здесь самая простая, нижние конечности этой мультяшной фигурки состоят из сотен виртуальных сухожилий, мышц и костей, и каждый из этих элементов запрограммирован так, чтобы служить моделью той или иной части реальной человеческой ноги. Какой крутящий момент прикладывается суставом к лодыжке или колену? Каков уровень электрической активности в той или иной мышце? Как и когда сухожилия ноги захватывают и высвобождают энергию? Схематический рисунок человечка вбирает в себя все эти данные и отображает их на экране, показывая, как реальный человек (возможно, с завязанными глазами) будет ходить, соблюдая все физические законы движения.

Те же математические описания, определяющие, каким образом ходит виртуальная фигурка, задействованы в программах, контролирующих движение составных частей икроножно-ступневых протезов, которые в этот самый день носит Герр.

Поразительна сама мысль о том, что сейчас, когда я стою с ним рядом, крошечные микропроцессоры, спрятанные где-то внутри всех этих механизмов, невидимых сквозь штанины, способны каждую секунду выполнять невообразимо сложные расчеты, управляя поведением всех-всех частей бионических конечностей Герра. Изобретатель вывел эти формулы на основе измерений и наблюдений, производимых в реальном мире. При этом он исследовал не только то, как реальные человеческие конечности ведут себя по отдельности, но и то, как они взаимодействуют друг с другом. Так, жесткость механического лодыжечного сустава в каждый данный момент может зависеть, в частности, от того, с какой силой моторчики протеза, воспроизводящие природную икроножную мышцу, воздействуют на приводы, воспроизводящие ахиллесово сухожилие. Однако здесь может оказывать свое влияние и то, в какую сторону повёрнут коленный сустав и на какой угол он согнут: возможно, тем самым учитывается скорость, с которой нижняя часть ноги движется вперед или вниз. Короче говоря, в каждое мгновение приходится иметь в виду несметное количество самых разных факторов.

Но компьютерная программа, разработанная Герром, не говорит всей бионической ноге, как ей шевелиться. Изобретатель любит подчеркивать, что это не «проигрыватель», который лишь воспроизводит заданные движения.

«Проигрыватель тут бы не сработал, — отмечает он. — Вдруг

вы наступите на банановую кожуру?»

Вместо этого электронная начинка, тщательно запрограммированная Герром и его командой, сообщает каждой отдельной части бионической конечности, как реагировать на множество разновидностей «входящих сигналов», поступающих извне. Такая реакция проявляется, например, в степени натяжения искусственных сухожилий или в углах сгиба искусственных связок и уровне напряжения искусственных мышц, которые окружают эти сухожилия. Как и обычная нога, робоконечность Герра представляет собой систему динамического сотрудничества многих различных частей, толкающих и тянущих друг друга, сгибающихся, растягивающихся, сжимающихся. Он объясняет, что в результате «появляются» качества и поведение, которые иногда удивляют даже его самого.

«Мы не говорим модели, как двигаться, — заявляет он. — Это модель говорит нам, как она движется».

«Сенсоры, которые установлены на протезах, проводят измерения, и эти данные вводятся в модель, и модель сообщает нам, насколько жестким должен быть тот или иной сустав в определенное время и какую силу он должен развивать, — добавляет Герр. — А значит, поведение физического, материального протеза диктуется этим математическим описанием поведения организма. Эта штука ведет себя так, словно обладает мышцами и сухожилиями, хоть она и сделана из алюминия, кремния и углерода. Несмотря на то что она сплошь состоит из синтетических деталей, она ведет себя так, словно это плоть и кости».

Всё это кажется каким-то чудом, но главным препятствием стал отнюдь не сбор данных, а выяснение того, как обеспечивать этих роботов автономным питанием. Первые модели Герра соединялись с рюкзаком, содержавшим почти 13 фунтов [примерно 6 кг] электроники, которая служила как электроусилитель и подключалась к обычной розетке: не очень-то удобный вариант для передвижения. Аспиранты Герра месяцами бились над тем, чтобы уменьшить потери при передаче энергии, а заодно и снизить энергозатраты. Но они так и не сумели сконструировать моторизованную лодыжку, которая была бы достаточно компактной и достаточно мощной, чтобы сравняться с обычной.

Герр все-таки отыскал решение, обратившись к одному из самых первых персонажей, изучавшихся в научной литературе о передвижении, — к блохе[11] с ее несравненным катапультирующим механизмом. В 60-е годы ученые показали, что блоха способна придавать себе ускорение в 100 раз большее,

чем то, которое могла бы спонтанно развить мышца. Чтобы проделать такой трюк, блоха постепенно напитывает энергией волокнистые пружиноподобные структуры, прикрепленные к мышце, и хранит там эту энергию, пока не придет пора резко оторваться от поверхности. В этот момент вся накопленная энергия высвобождается одновременно. Эта невероятно мощная катапульта гораздо эффективнее тех, которые использовали средневековые рыцари при осаде городов.

Герр понимал, что небольшого моторчика еще недостаточно, чтобы с нужной быстротой генерировать и доставлять энергию, необходимую для того, чтобы при ходьбе нога-протез могла отталкиваться от поверхности с той же силой, что и натуральная нога: сами по себе мышцы блохи тоже не могут вырабатывать достаточно энергии, чтобы катапультировать ее с хвоста собаки на спину. Но Герр понял: если мотор в искусственной ноге будет постепенно закачивать энергию в пружину (подобно тому как блоха закачивает энергию в свои ноги), скорость генерации энергии уже не будет иметь значения. Когда придет время отскакивать от земли, эта пружина сможет единовременно высвобождать всю накопленную энергию, отталкивая ступню от поверхности с такой же «взрывной силой», с какой это делает обычная человеческая лодыжка.

Сэмюэл Ау, главный из герровских аспирантов, занимавшихся этим проектом, несколько месяцев безуспешно пытался сделать подходящий мотор. А потом Герр осознал, что никакие из этих вариантов мотора не опираются на вторичное использование сухожилий, которое наблюдается в реальном лодыжечном суставе. Может быть, следовало добавить больше пружин, которые на сей раз действовали бы параллельно мотору?

И догадка оказалась верной. Дополнительные пружины снижали ту силу, которую должен был развивать мотор, в подражание тому, как икроножная мышца использует ахиллесово сухожилие, получая возможность вырабатывать энергию, не сокращаясь. Чтобы проверить новую систему, Герр сам надел переделанную модель-прототип и начал ковылять по специальной дорожке, на которой эти протезы испытывались у него в лаборатории. С каждым шагом улыбка на его лице становилась всё шире. Герр ускорил движение, стал шагать всё быстрее и быстрее. К тому времени, когда он объявил, что с этой искусственной лодыжкой чувствует себя «точно так же, как если бы шел на нормальной», его ассистенты уже бурно выражали свою радость.

В полной мере задействуя эту перестроенную паутину пружин, лаборатория вскоре сумела удвоить энергию,

поставляемую аккумулятором моторчикам, установленным в протезах. Сегодня при ходьбе моторчик, находящийся в задней части каждой искусственной ступни Герра, постепенно насыщает энергией систему пружин, расположенных внутри стопы. Часть этой энергии высвобождается, когда он просто отталкивается ногой от земли в процессе обычной ходьбы. Если же он поднимается по склону или ускоряет шаг, мотор и пружины выделяют больше энергии — столько, сколько необходимо в изменившейся ситуации.

«Именно так работает наше тело», — поясняет Герр.

Работая в лаборатории, он часто надевает кислородную маску, прицепляет протезы и затем поднимается на тренажер, чтобы проверить очередные усовершенствования. Он может не только отслеживать перемещения различных частей своего тела с помощью системы Vicon, но и присоединять электроды к различным мышцам тела, чтобы определять электрический потенциал, возникающий в мышечных клетках, и измерять уровни мышечной активизации: этот метод называется электромиографией (ЭМГ). В пол вмонтированы чувствительные к нагрузке пластины (длиной 2 фута [0,6 м] и шириной 4 фута [1,2 м]), точно фиксирующие силу, с которой человек давит на поверхность, когда он ходит, танцует или бежит (поверхностную реактивную силу).

«Я — потрясающая экспериментальная модель, — хвастается Герр. — Если подо мной разместить роботов, допускающих полное программирование, мы можем по-настоящему проверять свои гипотезы. Если мое тело дает отклик нормальным образом, как если бы у меня по-прежнему были целы нижние конечности, можно предположить, что наша теория справедлива и подтверждается. А если мое тело дает патологический отклик, например потребляет гораздо больше энергии, чем нормальное, тогда это значит, что нашу теорию необходимо доработать».

Но более убедительные доказательства полезности его искусственной лодыжки дает реакция некоторых испытуемых, не имеющих отношения к лаборатории, и их близких, которые наблюдали, как они ходят. Зачастую те и другие начинали плакать.

«Это очень волнительный момент, — задумчиво произносит Герр. — У тебя такое чувство, словно тебе вернули твою биологическую ступню».

* * *

Достижения Хью Герра показывают, что в биоинженерии сейчас вовсю идет тихая революция и что сейчас эта сфера выходит из царства сплошной теории, вступая в эпоху, когда она

уже способна преобразовывать материальный мир. Герр самым реальным образом с помощью современных технологий реконструирует части нормального человеческого тела, которых человек лишился из-за неудачного стечения обстоятельств. Результаты меняют не только его собственную повседневную жизнь, но и жизнь множества подобных ему людей — мужчин, женщин и детей, которые всхлипывают от радости, когда чувствуют эту нежную пружинистость своего шага, подаренную им бионическими конечностями, которые придумал Герр. Всё это очень вдохновляет.

Но, разумеется, во время наших разговоров я невольно задался вопросом, насколько далеко Герр может продвинуться по этому пути.

Еще в свою аспирантскую пору Герр говорил о костюмах Человека-паука и о хитроумных кроссовках. Сегодня он остается энергичным человеком с атлетическим телосложением гимнаста и соответствующей грацией. Он рассказывает мне о том, как проводит отпуска, лазая по итальянским Доломитовым Альпам. Хью Герр, ученый и инженер, явно не перестал быть спортсменом, так что мне даже приходит на ум герой телебоевиков моего детства по имени Стив Остин. Возможно, вы вспомните, что это борец с преступностью — бывший астронавт, получивший катастрофические травмы и затем собранный по кусочкам в рамках секретного правительственного проекта. Общая стоимость этого биоробота теперь кажется смехотворной: его называли «человеком ценой в шесть миллионов» (впрочем, не забудем про инфляцию). Но это прозвище подчеркивало, что Остин представлял собой изящную машину. Он обладал бионическим зрением, бежал со скоростью автомобиля и при случае мог разрушить дом прицельным броском камня.

Задумывался ли Герр о том, чтобы не просто восстанавливать утраченные инвалидами способности и функции, а делать инвалидов сильнее их «нормальных» современников?

На самом-то деле уже давно остались в прошлом те дни, когда такая перспектива казалась чистой фантастикой. Незадолго до моего визита Герр выступал в качестве эксперта в комиссии, которой предстояло решить, позволить ли Оскару Писториусу, безногому южноафриканскому спринтеру, участвовать в Олимпиаде наравне с обычными бегунами. Южноафриканец бежал на J-образных «гепардовых ногах» из специального углеродного материала: эти протезы снабжали его энергией упругого соударения всякий раз, когда он отталкивался от земли. Некоторые скептики, в том числе уже знакомый нам Питер Вейэнд из Южного методистского университета, заявляли, что

такие ноги дают Писториусу несправедливое преимущество, поскольку они весят меньше обычных, а значит, ими легче двигать по воздуху в промежутках между отталкиваниями от земли. Герр же заявил, что Писториусу следует позволить соревноваться наравне с неинвалидами, подчеркивая, что ограничения из-за того, чего он лишен, намного перекрывают любые преимущества от протезов. В итоге сторонники этой точки зрения победили.

На фоне скандальной истории с ночной стрельбой Писториуса по его подружке-супермодели (что привело к ее гибели) мир давно забыл эту тяжбу и довольно слабое выступление спринтера на соревнованиях, до которых его все-таки допустили. Но это не уменьшает важность данного разбирательства. Вейэнд уже успел во всеуслышание предсказать, что спортсмен, лишенный обеих природных ног, скоро почти наверняка побьет мировой рекорд по скорости бега.

Так что во время встречи с Герром я задал ему вполне очевидные вопросы. Может быть, в один прекрасный день он изобретет приспособление, которое позволит парализованным бегать быстрее? И как насчет всех остальных? Может быть, он даже придумает устройство, которое и мне позволит бегать быстрее?

Еще когда Герр стремился к воплощению своей мечты о создании жизнеподобной искусственной конечности, его зачаровывала мысль о возможности использовать новые технологии для того, чтобы улучшить те способности, с которыми все мы обычно рождаемся. И он по-прежнему яростно и непримиримо выступает в поддержку идеи, что технология должна — и когда-то будет — использоваться для того, чтобы «дополнять» всех нас. Герр уже довольно давно работает на переднем крае исследований, призванных решить самую большую (по мнению многих) проблему биомеханики, добиться этой заветной цели биоинженеров — сконструировать «экзоскелет», который мог бы всех нас сделать быстрее или сильнее. В связи с этим у кого-нибудь в сознании могут возникнуть картинки из антиутопий — кровожадные робокопы или американские солдаты, облаченные в костюмы Железного человека, словно Тони Старк, и яростно крушащие все на своем боевом пути. Но Герр воспринимает этот технологический потенциал с гораздо более практической точки зрения.

«Уже в этом веке наступит момент, когда в нашем распоряжении окажется целый класс машин, улучшающих мобильность человека и саму биологию организма, расширяющих наши возможности по части ходьбы и бега, — говорит Герр. —

Через пятьдесят лет вам не нужно будет залезать в большую металлическую коробку на четырех колесах, если вы хотите повидаться с другом, который живет на противоположном конце города. Вы просто нацепите на себя какую-то экзоскелетную структуру, которая нам сейчас кажется диковинкой, — и побежите, куда вам надо».

Герр определяет экзоскелет как робота, закрепляемого вокруг конечности (или нормальной, или пораженной какой-то патологией) и способного восстанавливать утраченную выносливость, скорость или силу либо усиливать эти качества. Эта идея существует уже давно: она появилась задолго до того, как в 1963 г. Железный человек появился на страницах марвеловских комиксов.

Уже как минимум в 1890 г. люди всерьез размышляли об экзоскелете, который позволит его обладателю тратить меньше энергии на ходьбу, бег или переноску тяжестей. Изучая документы Патентного бюро США, Герр наткнулся на проект, представленный Николасом Ягном, изобретателем, состоявшим на службе у российского императора. Ягн предложил сконструировать устройство, пружины которого помогали бы перемещать часть веса тела человека в сторону земли при каждом его шаге. (Не сохранилось никаких документов, которые указывали бы, что такое устройство было когда-либо сконструировано или где-либо демонстрировалось.)

Несмотря на долгую историю попыток такого рода, несмотря на революционные достижения биомеханики и существенное расширение нашего понимания того, как работает человеческое тело, несмотря даже на впечатляющие успехи вроде бионической конечности Герра, инженерам многие годы не удавалось соорудить экзоскелет, который можно было бы реально применять на практике. Большинство разработанных моделей были чересчур громоздкими, или требовали слишком много энергии, или при испытаниях оказывались слишком неудобными и неуклюжими. Не имея возможности точно измерять и характеризовать движения человека, большинство инженеров создавали устройства, которые просто-напросто мешали нормальному перемещению.

Однако в последние годы некоторые инженеры начали очень неплохо продвигаться по пути адаптации тех же биомеханических принципов, которые Герр некогда использовал для конструирования своей искусственной конечности (теперь его изобретение вполне доступно покупателям). Даже самые базовые представления о том, как на самом деле функционируют мышцы, могут принести очень хорошие результаты. В Токио я посетил

лабораторию японского робототехника Хироши Кобаяши, который сконструировал несложное устройство для увеличения возможностей верхней части тела. Это приспособление — одно из первых в новом классе «дополняющих устройств», которые рекламируются как средства, помогающие медикам и санитарам поднимать пожилых больных, не нанося ущерб собственной спине. Устройство Кобаяши, которое он называет «мышечным костюмом», состоит из алюминиевого каркаса (как у некоторых рюкзаков), оснащенного четырьмя искусственными «мускулами», которые сделаны из резиновых пузырей, помещенных в сетку и присоединенных к толстой проволоке. Когда сжатый воздух закачивается в эти мышцы или выходит из них, они могут менять форму, как настоящие, и тянуть за проволоку, которая, действуя через систему приводов, укорачивает каркас, активируя искусственные суставы и «подтягивая» носителя такого костюма. Это движение дает резкий всплеск силы — в придачу к той, которую человек развивает при помощи обычных спинных мышц.

Когда я нацепил этот мышечный костюм, блестящий алюминием прибор ощущался моей спиной как нечто очень легкое — ненамного тяжелее, чем пустая сумка для хождения в тренажерный зал. Настолько легкое, что я, наклоняясь поднять ящик из-под молочных бутылок, наполненный мешками риса, весившими в общей сложности 90 фунтов [41 кг], даже засомневался, что этот высокотехнологичный рюкзак сумеет мне так уж помочь. Но Кобаяши нажал на кнопку, раздался свист сжатого воздуха, и я тут же распрямился, даже не думая об этом и ощущая некоторую дезориентацию. Я только что поднял тяжесть, которая в обычной ситуации наверняка заставила бы меня потянуть спину, и я держал этот ящик кончиками пальцев — словно поднял с пола листок бумаги.

Разумеется, у мышечного костюма Кобаяши имеется и недостаток. В основе этого устройства — сжатый воздух, а компрессоры, необходимые для его получения, много весят и сильно шумят (громче промышленных пылесосов). Если мне захочется удивить жену и друзей во время вечеринки, поднимая тяжеленные булыжники или переворачивая автомобили, мне придется, вероятно, обзавестись какой-то специальной багажной тележкой, чтобы перевозить все необходимые причиндалы. По своему удобству такое устройство не выдерживает никакого сравнения с человеческим телом.

Но этот легкий алюминиевый «рюкзак» все-таки позволял бросить завистливый взгляд в возможное будущее, глотнуть той свободы, которую мы, быть может, сумеем когда-то почувствовать в полной мере. Хотя в костюме Кобаяши содержится, по сути,

лишь одна простая синтетическая мышца, способная двигаться лишь в одну сторону, несколько исследователей уже сейчас стремительно и весьма успешно разрабатывают гораздо более сложные и легкие устройства, способные более точно имитировать более хитроумную паутину мышц и сухожилий: возможно, эти приспособления вскоре смогут заменить человеческую руку, а может, и превзойти ее по развиваемой силе и по динамике движений.

Модель человеческой руки, которую помогал разрабатывать Патрик ван дер Смагт, не является экзоскелетом, но ее моторчики и другие детали сделаны с учетом особенностей мышц, сухожилий и костной структуры человека. Команда, работающая над этой рукой в Германском аэрокосмическом центре, надеется, что вскоре это устройство поможет верхней части тела своего носителя развивать гораздо большую силу, нежели что-либо существующее в природе.

«Десять лет назад мы не умели даже конструировать руки, которые вели бы себя как обычные человеческие, — говорит ван дер Смагт. — До этого нам было еще очень далеко. Но с тех пор само качество технологии радикально улучшилось. Теперь у меня нет никаких сомнений, что скоро мы построим бионическую руку, которая будет гораздо сильнее человеческой».

Самый сложный технический «затык» при создании устройств, дополняющих человеческое тело, остается тем же, который озадачивал Герра и его команду, когда они стали разрабатывать свою бионическую лодыжку. Сегодня сравнительно несложно сконструировать мотор, который может генерировать больше энергии, чем нормальные человеческие мышцы, и затем питать ею бионическую руку или ногу, по всем пропорциям похожую на обычную. Однако по-прежнему очень трудно создать биомеханический протез, который будет и достаточно эффективен по потреблению энергии, и достаточно легок, чтобы его можно было использовать на практике. Псевдочеловеческая рука, которую создали в Германском аэрокосмическом центре, весит около 20 фунтов [9 кг], а значит, она более чем вдвое тяжелее обычной. К тому же пока она остается слишком громоздкой и неуклюжей, чтобы ее можно было прикреплять к человеческому плечу. Иными словами, сейчас мы, вероятно, вполне можем соорудить такую же сильную руку, как та, которой сценаристы снабдили телегероя по имени Стив Остин — «человека ценой в шесть миллионов». Но если вы предоставите кому-нибудь руку, обладающую силой бульдозера, вам придется дать этому человеку еще и мотор, по размерам почти не уступающий бульдозерному.

Поэтому пока большинство роборук и аналогичных протезов верхних конечностей используют электрические моторчики, небольшие и легкие, но значительно уступающие человеческому телу по своей энергоэффективности. Ограничения, связанные с эффективностью расхода энергии, особенно очевидны на примере самого передового протеза руки из существующих сегодня на рынке. В мае 2014 г. американское Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов [FDA] окончательно одобрило применение искусственной руки, произведенной в Манчестере (штат Нью-Гэмпшир) компанией DEKA Research & Development Corporation, основанной Дином Кейменом в рамках программы, финансируемой Агентством передовых научно-исследовательских оборонных разработок (общий объем этого финансирования — 100 млн долларов). DEKA стремилась создать устройство, которое по размерам и массе не отличалось бы от обычной человеческой руки (вес которой — около 7,9 фунта [т. е. 3,6 кг]).

Эта искусственная рука способна улавливать сигналы, которые поступают от подкожных мышц (с помощью той же разновидности сенсоров, которые позволяли ван дер Смагту замерять активацию мышц испытуемых), а значит, вероятно, точно так же можно поступить с «дополняющим устройством» — например, с экзоскелетом для верхней части тела.

Рука, сделанная компанией DEKA, может реагировать на сигналы активации мышц, разжимая или сжимая пальцы, меняя конфигурацию захвата. При помощи такого приспособления пользователи обрели бы способность и поднять упавшую монетку, и выпить стакан воды.

Но (подчеркивает ван дер Смагт) чтобы рука DEKA соответствовала по размерам и весу обычной человеческой конечности, Кеймену и его группе пришлось пожертвовать другими качествами, в том числе и развиваемым усилием. Нормальная человеческая рука способна генерировать силу, которая может сдвинуть объект в 20 раз массивнее, чем она сама. Однако детище компании DEKA и большинство аналогичных протезов обладают куда более скромным отношением развиваемой силы и собственного веса, как отмечает ван дер Смагт. Восьмифунтовая человеческая рука обычно способна притянуть или оттолкнуть предмет массой 200 фунтов [около 91 кг], т. е. превышающий ее вес более чем в 20 раз. Кейменовское изобретение не может и близко подойти к такому результату.

«Отношение силы к весу для руки DEKA не слишком впечатляет по сравнению с непротезными искусственными

руками, с которыми я работал, и явно уступает человеческой руке, — говорит ван дер Смагт. — И стабильность оставляет желать лучшего. И эта штука не обладает энергоэффективностью. Ребята провели очень хорошую инженерную работу, у них получилась вещь нужной формы и веса. И, вероятно, сейчас это лучший протез руки из всех, которые существуют. Но это никакое не биомиметическое устройство [т. е. оно не воспроизводит все свойства и особенности настоящей руки] > к

Это немного разочаровывает, особенно если учесть, что на эти деньги можно было бы соорудить 16,6 «людей ценой в шесть миллионов». В этом смысле Стив Остин пока остается лишь мечтой.

Вероятно, наиболее многообещающее устройство, которое могло бы по-настоящему позволить человеку превзойти возможности, отпущенные природой, соорудил тот же Хью Герр. В 2014 г. он объявил, что создал первое в истории приспособление для нижних конечностей, помогающее обычному здоровому человеку ходить и при этом снижающее метаболические затраты на такое передвижение.

Герр утверждал: «лакмусовая бумажка», позволяющая определить практическую применимость того или иного экзоскелета, — это его способность подпитывать энергией каждый отдельный шаг своего носителя, при этом не увеличивая метаболические расходы человека на перемещение. Эту проблему не мог решить ни один инженер.

В видеоролике, демонстрирующем новую технологию, испытуемый в голубых шортах, стандартных армейских ботинках для передвижения по пустыне (во всяком случае, так они выглядят) и черных носках до колена, шагает по дорожке бегового тренажера. К передней части каждой ноги, дюйма на два ниже колена, прикреплен черный приборчик не больше пачки сигарет. Это и есть «искусственная мышца» устройства.

Пара длинных тонких металлических стержней идет по обеим сторонам каждой ноги, соединяясь под сводом стопы, а затем поднимаясь назад и вверх, в воздух позади икры, образуя острую диагональ. Эти опоры помогают мотору, расположенному с другой стороны лодыжки, распределять энергию и усиливать действие камбаловидной мышцы — набора длинных и мощных волокон, который проходит от обратной стороны колена до пятки, присоединяется к ахиллесову сухожилию и играет ключевую роль в обеспечении нас энергией, когда мы стоим или идем.

По словам Герра, главной механической инновацией для этого устройства стал метод «естественной» подпитки тела

энергией мотора — без нарушения целостности кожи и без лишнего давления на ногу. Герр придумал изящное решение проблемы, которое при этом все_таки отличается от природного: шаги человека подпитываются дополнительной механической энергией с помощью перпендикулярного ноге приспособления (торчащего из моторчика размером с сигаретную пачку), которое давит на верхнюю часть лодыжки. Это уменьшает натирание и риск сдирания кожи.

Дополнительная механическая энергия прикладывается в виде «крутящего момента» — той силы, которая помогает отводить переднюю часть лодыжки назад. В результате шире открывается лодыжечный сустав, соединяющий нижнюю часть ноги со ступней по принципу дверной петли. Это движение, в свою очередь, натягивает сухожилия, которые поднимают пятку, прижимая носок к земле и накапливая потенциальную энергию. Когда пользователь отрывает ногу от земли, эта энергия высвобождается, толкая носителя протеза вперед: по сути, такой носитель при этом играет роль камня, выпущенного из рогатки.

Экзоскелет, придуманный Герром, задействует остроумный механизм обратной связи, позаимствованный непосредственно у природы (его же изобретатель применяет в своей ноге-протезе). Механизм позволяет экзоскелетному мотору в реальном времени подстраиваться под изменения характера поверхности, а также скорости движения.

Разрабатывая математическую модель для лодыжечно-ступневого протеза, который сейчас питает энергией его собственные пешие передвижения, Герр натолкнулся на целый ряд так называемых «непредсказуемых, неочевидных, внезапно возникающих свойств»: в данном случае речь идет об оказавшихся для него неожиданностью вполне осмысленных методах выполнения каких-то действий. Один из наиболее полезных методов был связан с тем, как человеческий организм закачивает дополнительную энергию в нижние конечности, когда мы идем по неровной поверхности.

На пересечении ахиллесова сухожилия и камбаловидной мышцы, как и в других местах стыка мышц и сухожилий, располагается структура под названием «нервно-сухожильное веретено,» («сухожильный орган Гольджи»). Орган Гольджи — своего рода биологический сенсор, который реагирует на прилагаемую к нему силу, посылая сигнал в головной мозг по позвоночнику (т. е. по спинному мозгу). Головной мозг откликается на этот сигнал, давая мышце приказ сокращаться еще больше, тем самым увеличивая жесткость и мощь ноги. Включив эту структуру в свою математическую модель искусственной

ноги, Герр обнаружил, что она играет ключевую роль в процессах ходьбы.

«Это очень, очень простая штука, и мы включили ее в состав лодыжечного протеза, и получился великолепный пример неочевидного поведения», — говорит Герр.

По мере того как ампутант (или любой другой носитель такого экзоскелета) увеличивает скорость ходьбы (переключаясь из режима «медленная ходьба» в режим «быстрая ходьба»), давление на орган Гольджи возрастает, и модель приказывает мотору дать лодыжке больше энергии.

«Это происходит автоматически, без непосредственного измерения скорости ходьбы, — отмечает Герр. — А когда угол наклона поверхности увеличивается и человек начинает идти в гору, мотор дает еще больше энергии. Когда же человек идет вниз по склону, эта энергия, наоборот, отбирается — автоматически, хотя прибор не чувствует, что характер поверхности изменился. Этот очень простой мышечный рефлекс обладает таким вот неочевидным поведением, которое позволяет очень многое сделать».

«Я бы даже сказал, — добавляет Герр, — что если взять какого-нибудь инженерного гения и заставить его пройти все существующие курсы по теории инженерного контроля, он все равно, вероятно, не придумал бы эти простые рефлексы».

Всё это может казаться немного прямолинейным подходом, а ведь природные решения обычно отличаются изяществом. Но результаты этой работы, скорее всего, коренным образом преобразуют сферу протезирования. Герр заявляет, что с помощью своего прибора он создал сапоги, позволяющие тратить при ходьбе на 20 % энергии меньше.

«История знает лишь один действующий экзоскелет, — утверждает Герр. — И его придумали мы».

В принципе такой же экономии энергии можно добиться (несколько модифицировав прибор), даже если носитель устройства будет тащить на спине тяжелый рюкзак или очень быстро бежать. Герр отмечает: когда человек несет груз, основные биомеханические изменения вынуждены претерпевать колени и лодыжки — используя мышечную энергию для противодействия силе, с которой груз давит вниз, и уравновешивая крутящий момент.

«Можно окружить колени и лодыжки экзоскелетом, который, когда вы несете груз, будет делать то же самое, что делает наше тело, несущее груз, — отмечает Герр. — Но человек, на которого надеты эти штуки, будет при этом идти так, словно он не отягощен никаким грузом».

Покидая лабораторию Герра, я чувствую, что мне трудновато отделить терапевтический потенциал таких устройств от потенциальных дополнительных возможностей, которые они сулят здоровым людям. На этой ранней стадии моего путешествия мне просто являются интригующие образы вполне реальных костюмов Железного человека и мысль о том, что когда-нибудь, может быть, у меня будет приспособление, которое позволит мне с легкостью поднимать автомобиль. В ходе подготовки книги такие ощущения будут возникать у меня постоянно. Снова и снова я буду встречаться с примерами технологий, которые и восстанавливают утраченные функции организма, и позволяют различным образом дополнять возможности обычных людей.

Разумеется, больше всего в этом смысле вдохновляет терапевтический аспект. Во время одного из своих визитов я спросил у Герра насчет того сновидения, которое мучило его вскоре после того, как он лишился ног: там, где он бежит по полям возле своего дома и его волосы развевает ветер. Ему до сих пор это снится? Оказывается, нет. Хью Герр больше не видит этот сон. По его словам, он уже много лет почти каждый день наяву пробегает 1,7-мильный маршрут вокруг конкордского пруда Уолден — на специальных протезах.

«Я только вчера в очередной раз это проделал, — говорит он. — Отличная пробежка».

Глава 2
Рождение Бам-Бама

Расшифровка и редактирование генома

Хью Герр получил возможность создавать жизнеспособные бионические протезы и экзоскелеты благодаря новым технологиям, которые позволяют ему и другим изучающим биомеханику точно записывать, каким образом движутся и взаимодействуют различные части тела, а затем конструировать сложные наборы робототехнических деталей, находящихся за пределами тела и способных в реальном времени воспроизводить действия нормальных его частей. Для этого требуется почти мгновенно и очень эффективно улавливать и обрабатывать огромные массивы информации — и для того, чтобы запечатлеть и охарактеризовать поведение здоровой ноги, и для того, чтобы построить машину, которая сумеет имитировать это поведение.

Но все эти достижения — лишь самый краешек открывающихся перед нами возможностей. Как мы увидим в дальнейших главах, та же технологическая точность, которая позволяет робототехникам строить приспособления, прикрепляемые к внешней поверхности нашего тела, то же математическое волшебство и программы для распознавания закономерностей, которые Герр использует для того, чтобы питать энергией свои творения, — все эти технологии можно направить и внутрь, чтобы записывать, характеризовать и понимать, каким образом различные компоненты нашего организма взаимодействуют на клеточном уровне. Исследователи, работающие в этой сфере, тоже открывают и высвобождают тайные целительные силы и непочатые запасы возможностей, — всё то, о чем могли только мечтать ученые предыдущих поколений.

В каком-то смысле они добиваются еще более ошеломляющих успехов, чем сотрудники лаборатории Герра. Некоторые специалисты не просто конструируют новые части тела или усовершенствуют те, которые у нас уже есть: эти биохакеры вторгаются в тонкую механику работы самого организма, переписывая клеточные «инструкции» или направляя их на выполнение задач, не предусмотренных природой. Таким путем эти смельчаки заставляют организм перестраивать или преобразовывать себя. Идеи некоторых из этих технологических подвигов (как и герровских бионических конечностей,

обладающих невероятными способностями к адаптации) не всегда являются лишь продуктом человеческого воображения. Лучшие из них тоже берут начало в самой природе: пожалуй, это почти неизбежно.

Взять хотя бы случай одного удивительного мальчика из городка Маскегон (штат Мичиган) по имени Лайам Хёкстра.

* * *

Зимой 2005 г. настал день, когда супруги Дана и Нил Хёкстры впервые поняли, что их сын Лайам не такой, как все. Веселый темноволосый ребенок, которому было всего-то пять месяцев от роду, потянулся к двум пальцам, которые ему предлагала мать, вцепился в них железной хваткой, оторвался от земли и раскинул руки, образовав в воздухе букву Т.

Его родителям случалось видеть, как такой же трюк проделывают олимпийские спортсмены, демонстрируя свою впечатляющую силу. Называется это «железный крест».

«Он просто висел так, в буквальном смысле», — вспоминает Нил.

К трем годам Лайам обзавелся рельефным прессом и внушительными бицепсами. Он мог без всякой помощи взобраться вверх по канату. Он размахивал пятифунтовыми гантелями, словно погремушками, напоминая жутковатого карапуза Бам-Бама из комедии «Флинтстоуны»: этого сверхъестественного силача, воспитанного мастодонтами, усыновляет герой фильма Барни Раббл. Однажды Лайам закатил истерику и пробил кулаком дыру в стене.

Лишь когда дедушка Лайама, вышедший на пенсию адвокат, похвастался своему приятелю-врачу, что его крошка-внук когда-нибудь станет играть в футбол в его любимой команде «Мичиган Вулверинз»[12], семейство узнало, чем, по всей видимости, объясняется столь необычайная сила ребенка. Доктор попросил у родителей разрешения осмотреть малыша, а потом убедил их отправить его на генетическую экспертизу в расположенный неподалеку город Гранд-Рапидс (штат Мичиган), откуда образцы генетического материала Лайама переправили в Питтсбургский университет.

Питтсбургские специалисты вскоре сообщили семье, что невероятные физические способности ребенка, возможно, являются результатом единичной мутации (как бы одной-единственной опечатки) в генетической последовательности длиной около 3 млрд пар оснований, закодированной в каждой из его клеток.

«Мы предполагаем, что у него имеется какая-то мутация, поскольку он обладает очень необычным фенотипом с

гиперразвитыми мышцами, — говорит Роберт Феррелл, один из руководителей Лабораторий геномики и протеомики Питтсбургского университета. — Мы просто пока не выявили эту мутацию».

По мнению Феррелла, то место в генетической последовательности, где она произошла, находится неподалеку от места, где обнаружили мутацию у еще одного ребенка: ее описали в New England Journal of Medicine примерно за год до рождения Лайама. Неназванный испытуемый, о котором идет речь в статье, из-за генетической мутации лишен способности вырабатывать GDF-8, сигнальное вещество, играющее ключевую роль в регулировании и сдерживании роста мышц. Аналогичная мутация, повлиявшая на тот же биологический маршрут, могла бы объяснить, почему по мышечной массе Лайам на 40 % превосходит среднего ровесника, почему его кормят не три раза, а шесть раз в день — и почему он может, улегшись на спину, выжимать, как штангу, здоровенную собаку, живущую у них в семье.

Возможно, эта особенность когда-нибудь поможет Лайаму попасть в любимую дедушкину команду. Хотя личность немецкого мальчика с похожей мутацией так и не раскрыли общественности, известно, что его мать, также обладающая аномалией в этом гене, — профессиональный спринтер. А дед мальчика был строителем и один голыми руками мог поднять бордюрный камень.

Обнаружение людей, которые, подобно Лайаму, обладают необычными, потенциально «сверхчеловеческими» физическими чертами, приобретает новое значение именно сейчас, когда мы вступаем в эпоху генной инженерии. Конечно, люди, наделенные необычайной силой, гибкостью, ростом, выносливостью, встречаются на протяжении всей истории человечества — от Геркулеса из древнегреческих мифов до циркового силача с огромными усами и бритой головой, облаченного в леопардовое трико.

Однако, возможно, благодаря новым технологиям мы сумеем использовать сведения, полученные при исследовании таких вот людей-феноменов, для лечения, а то и исцеления некоторых наиболее изматывающих и разрушительных генетических заболеваний нашего времени. Однако эти же технологии вынуждают задаться непростыми вопросами. Что произойдет, когда у всех появится возможность наделять себя или своих детей силой Лайама Хёкстры — навсегда? Если мы решим не поступать так со своими детьми, не приведет ли это к тому, что в дальнейшей жизни они будут проигрывать своим генетически

модифицированным конкурентам, чьи родители когда-то сделали иной выбор?

* * *

Я еду по Нью-Джерсийскому шоссе, поглядывая на химические заводы, испускающие зловонные дымы, и тут мне приходит в голову послушать какое-нибудь спортивное радио, чтобы настроиться на предстоящее интервью. Но лишь приблизившись к Городу братской любви [Филадельфии], я начинаю по-настоящему вслушиваться в то, что доносится из динамиков.

По радио обсуждают домашнюю футбольную команду «Филадельфия Иглз», и эта дискуссия становится какой-то очень уж эмоциональной, как если бы обсуждаемый защитник-распасовщик (который, судя по всему, не очень справляется со своей работой) был близким другом участников беседы — хроническим алкоголиком или жертвой супруги, которая время от времени его избивает. Слушатели, звонящие в студию, выражают все классические стадии развития горя: гнев («Надо его вообще выгнать, мы зря ему попустительствуем»), отрицание (мол, это у него временно, это пройдет), торговлю («Он будет лучше играть, если мы найдем хорошего принимающего»), грусть («Я больше не могу ЭТО ВЫНОСИТЬ!»).

Въезжая в подземный гараж под кампусом Пенсильванского университета, имеющим какой-то сурово-урбанистический вид, я размышляю над странностями нашего пылкого увлечения игрой, где трехсотфунтовые мужики в коротких обтягивающих штанах и голеностопных щитках носятся по полю, то и дело сталкиваясь друг с другом. Дошло до того, что некоторыми из нас победа определенной команды в том или ином футбольном матче может восприниматься как событие эпохальной важности, почти вопрос жизни и смерти.

Человек, с которым я иду встречаться, Г. Ли Суини, испытал это на себе — самым причудливым и неожиданным образом. Еще в конце 90-х Суини совершил удивительный научный подвиг. Исследователь создал первую в истории генетически модифицированную супермышь: словно волшебник, он превратил ничем не примечательного подопытного грызуна, имеющего обычные размеры, в особь со столь мускулистыми, столь нелепо-накачанными ногами, что журналистам не понадобилось много времени, чтобы придумать «сенсационное» название для этого зверя. Они окрестили новую мышь и ее родичей «мышами-шварценеггерами».

На конференции Американского общества клеточной биологии, проходившей в Сан-Франциско, Суини поведал

зачарованной аудитории, что его методика, возможно, когда-нибудь придет на выручку пожилым людям, чьи мускулы постепенно усыхают, или позволит продлить жизнь больным опаснейшими формами мышечной дистрофии. Эти оптимистические видения давали новую надежду для страдающих неизлечимым недугом, а ведь таких пациентов очень редко обнадеживают.

Когда Суини вернулся к себе в лабораторию после конференции, на него обрушился шквал звонков: к нему обращались и отчаявшиеся больные, и близкие тех людей, которых можно считать одними из слабейших наших собратьев. Но с ним пытались связаться и некоторые спортсмены — вполне здоровые мужчины и женщины в расцвете сил. Эти атлеты умоляли Суини, чтобы он испытал на них свою методику.

«Все эти звонки и письма стали поступать буквально в тот же день, когда у меня вышла статья на эту тему, — рассказывает Суини. — Их были сотни,».

Один тренер школьной футбольной команды, состоящей из старшеклассников, даже предлагал заплатить Суини, чтобы тот модифицировал гены всех его подопечных. Суини, мягкий и сдержанный ученый, вежливо отказался. Но Барбара Прайс, с давних пор занимающая должность его помощника по административной работе, часто проявляла при этом куда меньше дипломатического такта.

«Пару раз я просто поражалась, — говорит Прайс, которой приходилось брать на себя львиную долю звонков. — Я отвечала: вы что, шутите? Доктор Суини работает с животными! Нам звонили даже родители спортсменов».

Через 17 лет после того, как он явил миру первое поколение мускулистых мышей, Суини остается в центре одного из самых этически сложных научных конфликтов нашего времени. В отличие от Герра, который, похоже, в своих биомеханических штудиях с завидной легкостью и непринужденностью перемещается между сферой восстановления и сферой усовершенствования, Суини ощущает глубокие внутренние противоречия. Он бьется за то, чтобы продвигать вперед развитие генной инженерии, но одновременно пытается предотвратить ее неправильное использование. Область исследований, которую избрал Суини, принадлежит к тем, которые не дают спокойно спать бесчисленным специалистам по научной этике.

Суини сегодня — и желанный докладчик на конференциях для родителей, чьи дети страдают разными видами мышечной дистрофии, и весьма уважаемый консультант Всемирного антидопингового агентства (ВАДА): работающие в нем

представители спортивных властей интересуются, когда официально начнется эпоха «генетического допинга». Может быть, эта эпоха уже наступила, просто они об этом еще не знают?

Суини не питает иллюзий. «Уже сейчас можно попытаться провести генетическую модификацию спортсмена, если у вас хватит знаний, — утверждает он. — ВАДА и в самом деле хочет выяснить, существуют ли сегодня люди, которые применяют генетический допинг. Некоторые тяжелоатлеты так помешаны на победах, что готовы пойти на что угодно, даже если в дальнейшем это повредит их репутации».

Генетически модифицированные атлеты, безумно накачанные и способные безнаказанно растоптать всех нас, лилипутов по сравнению с ними, — это, конечно, лишь одно из потенциальных последствий той революции, которая уже происходит в генной терапии. Всякая технология, позволяющая редактировать гены, которые служат причиной заболеваний, поневоле заставляет вообразить десятки разнообразных новых созданий, и от этих картин многим становится неуютно. Представьте себе целые армии генетически модифицированных суперсолдат, не чувствующих боли и не способных к состраданию; представьте себе чересчур заботливых и властных родителей, корректирующих ДНК своих детей, чтобы тех приняли в Гарвард; представьте себе младенцев, переделанных так, чтобы в будущем походить на Джастина Бибера.

И в самом деле: подобно тому, как Хью Герр и его коллеги находят революционные способы преобразования человеческого тела с помощью всякой бионики, присоединенной к нему снаружи, ученые вроде Суини трансформируют наши возможности, действуя изнутри: проникая в генетические схемы (которые имеются в каждой из наших клеток) и меняя их детали — или же что-то добавляя к ним.

Суини намерен делать всё, что в его силах, чтобы помогать спортивным властям подготовиться к возможности появления генетического допинга. К тому же он знает о том, какую озабоченность вызывает генная инженерия в целом. Но он не прекращает свои изыскания. Ведь в мире слишком много страданий — и сейчас очень велика вероятность, что многие из этих недугов удастся исцелить. Вот почему в 2011 г. Суини сделал еще один большой шаг в сторону испытаний своей методики на людях: он стал использовать крупных животных в качестве подопытных объектов.

С помощью генной инженерии Суини получил первых в мире золотистых ретриверов-«Шварценеггеров».

* * *

Еще будучи старшеклассником, Суини играл в футбол в Луизиане и Техасе — двух штатах, буквально помешанных на этом виде спорта. Он был защитником-распасовщиком, т. е. как раз тем игроком, которого трехсотфунтовые парни из другой команды пытались раздавить, как букашку.

«Меня не интересовали методы, которые позволили бы мне как следует накачаться, — говорит он. — Меня интересовало, как сделать так, чтобы соперник не накачивался и тем самым давал мне выжить».

Возможно, именно поэтому Суини остается глух к мольбам амбициозных здоровяков, которые просят его помочь им стать еще здоровеннее. Но и как ученый он не сочувствует их логике. Наука требует неспешного и кропотливого труда, и сегодня Суини работает на долгосрочную перспективу. А вот физически полноценные спортсмены, которые к нему обращаются, словно бы хотят рискнуть своим будущим здоровьем (т. е. как раз этой долгосрочной перспективой) ради шанса урвать немного славы уже сейчас. «Некоторые из этих спортсменов — просто психи,», — откровенно говорит он, пока мы сидим в конференц-зале рядом с его лабораторией.

Спокойный, скромный исследователь с широким и высоким лбом, с аккуратным пробором, придающим ему что-то явно мальчишеское, Суини провел первые годы своей профессиональной карьеры в обеззараженном лабораторном царстве, изолированном от суровых филадельфийских улиц и остального мира могучими бетонными зарослями медицинских корпусов, больниц, научно-исследовательских центров. Там этот ученый, облаченный в белый халат, погрузился в изучение мира молекул, очень далеко отстоящего от тех драм и насущных проблем реальной жизни, которые в конце концов станут главным побудительным мотивом для его изысканий.

С самого начала он принадлежал к числу тех счастливых ученых, которым даровано чистое, почти детское интеллектуальное удивление, заставляющее лучших из нас разгадывать тайны природы. Так было с того самого дня в начале 70-х, когда, еще будучи студентом МТИ, Суини сгорбился над микроскопом и впервые увидел мышечную клетку в движении.

«Это было очень круто — сама возможность реально увидеть, как движутся эти комплексы молекул, — вспоминает Суини. — Можно было проделывать это даже с отдельными белковыми волокнами — помечать их и потом наблюдать за их движением».

В ту пору Суини занимали не экстремальные случаи развития мышц (дети, чьи мускулы словно бы разрушают себя, или гигантские тяжелоатлеты, бугрящиеся мускулами и очень

стремящиеся увидеть, до какой степени они могут накачаться), а более фундаментальные вопросы.

Герру хотелось измерить и воспроизвести процессы, с помощью которых сухожилия и мышцы организма захватывают, передают и преобразуют энергию. Ли Суини хотел понять, откуда берется сам первичный импульс, порождающий движение. К примеру, каким образом ваша рука переходит от положения абсолютного покоя к молниеносным движениям, которые необходимы для того, чтобы с силой бросить камень? Где источник первоначального всплеска энергии, который при звуке стартового пистолета резко посылает спринтера вперед, отрывая его тело от дорожки? Благодаря чему мы с вами можем внезапно вскочить с кресла, чтобы пожать кому-то руку?

Суини понимал, что этот таинственный взрыв энергии каким-то образом зарождается в глубине самих наших клеток. Но как нечто начавшееся внутри структуры столь микроскопической, что мы ее с трудом можем разглядеть, способно развивать силу, достаточную для того, чтобы пошевелить кость? Как оно может породить силу, позволяющую двухсотфунтовому [90-килограммовому] человеку ходить, бросать бейсбольный мяч, поворачивать голову? Да и вообще как это сила добирается от крошечных клеточек до той кости, которой она движет?

В дальнейшем Суини узнал, что наши мышцы состоят из пучков цилиндрических волокон (каждое — не толще человеческого волоса). Именно эти пучки волокон можно увидеть в жареной куриной грудке, когда она распадается на кусочки под вилкой и ножом. Присмотревшись к этим цилиндрическим волокнам под микроскопом, Суини заметил, что и сами волокна тоже, в свою очередь, состоят из более мелких нитей (так называемых «волоконец»), сплетенных вместе. Пучки волокон похожи на пряди волос, а волоконца напоминали ученому тончайшие паутинки. Самые толстые из этих ниточек состоят из белков, именуемых миозинами, более тонкие ниточки — из белков, именуемых актинами.

Удивительно, что именно взаимодействие миллионов этих крошечных компонентов (таких маленьких, что их почти невозможно разглядеть невооруженным глазом) позволяет пятитонному африканскому слону мчаться по саванне, баскетболисту НБА забрасывать мяч в кольцо, а маленькому Лайаму Хёкстре, подтянувшись на пальцах матери, образовывать в воздухе букву Т.

В каждой мышечной клетке толстые клубки миозиновых нитей уложены параллельно более тонким актиновым нитям, которые завиты в плотные кольца. Концы миозиновых нитей в

этих пучках могут выгибаться вверх или вниз, образуя длинный ряд «согнутых пальцев» между актиновыми кольцами, находящимися над ними и под ними. Эти «миозиновые головки» образуют тысячи микроскопических мостиков к тем волоконцам, между которыми они зажаты.

Когда Суини стал заниматься этой областью науки, уже было известно, каким образом начинается процесс сокращения мышц. Обычно решение пошевелить рукой зарождает ся как возникающий в головном мозге биохимический импульс — всплеск электрической активности, который затем проходит по позвоночнику и периферическим нервам — и в конце концов достигает пересечения между нервами и нужной мышцей. Здесь нервы тут же выделяют вещество под названием ацетилхолин. Но тогда ученые еще не до конца выяснили конкретные молекулярные механизмы того чуда движения, которое происходит дальше.

Было известно, что химические реакции, запускаемые ацетилхолином, заставляют миозин взаимодействовать с аденозинтрифосфатом (АТФ). Было известно, что АТФ — наиболее готовая к использованию форма накопленной энергии, существующая в организме. Подобно бензину в машине или жидкости для зажигалок, добавленной в костер, она питает определенный процесс: в данном случае — движение мышцы. Взаимодействуя с АТФ, «миозиновые головки» мышцы (Суини стал рассматривать их как истинные «моторы» тела) то отсоединяются от актиновых нитей, то присоединяются к ним, растягиваясь с эластичностью пучка резинок, вцепляясь в актин, как абордажные крючья, и тем самым вынуждая мышцу сокращаться. Мы наблюдаем это как внезапное раздувание бицепса.

Чем больше миозиновых волоконец сплетено вместе, тем сильнее и быстрее их концы-«крючья» могут тянуть актин (просто благодаря увеличению их количества) и тем крупнее кажется нам соответствующая мышца.

«Миозиновые волоконца тянут за актиновые волоконца и заставляют их скользить, — поясняет Суини. — Вот как сокращается мышца».

Выяснив это, Суини начал понимать биологические основы того, что всем нам кажется интуитивно ясным, хотя если немного задуматься, то может показаться, что тут есть некоторое противоречие. Почему самые сильные среди нас (все эти накачанные форварды, которые выпихивали Суини из зоны прохода, или российские толкательницы ядра) — это те, кого реже всего можно увидеть бегущими марафон? Логика вроде бы

подсказывает обратное. В конце концов, если у вас больше мышц, вы можете бежать дольше, разве не так?

Объяснение этого противоречия очень простое: существует несколько разных типов мышечных волокон. Одни волокна специализируются на быстрой выработке огромной энергии: такое требуется, если нужно стремительно стартовать в начале гонки, или поднять стофунтовый мешок риса, словно лист бумаги, или свалить на траву Ли Суини, защитника школьной команды. А другие волокна менее мощны, они действуют медленнее, зато куда более энергоэффективно: именно такие необходимы для того, чтобы пробежать марафон, совершить долгую прогулку или весь день не ронять голову на грудь. Обычно они называются мышечными волокнами первого типа — «медленными». Их «быстрые» собратья именуются волокнами второго типа. (На самом деле есть и другие типы, но пока мы будем рассматривать упрощенную картину.)

Волокна второго типа дают триумфальный взрыв энергии, но стремительно выгорают, когда кончается порох. Они напоминают зайца из басен Эзопа, который стремглав вылетает из ворот, но в середине состязания решает вздремнуть. Волокна первого типа неспешны, словно эзоповская черепаха, зато они работают стабильно. Они действуют в режиме «медленного сгорания», постепенно потребляя энергию по мере того, как она становится им доступна, и сокращаясь в более благоразумном ритме, который можно долго поддерживать. Они способны делать это хоть весь день. Если дать черепахе достаточно времени, она всегда обгонит зайца. Медленные мышцы оснащены более значительным количеством клеточной аппаратуры, умеющей расщеплять одну молекулу сахара на 30 молекул мышечного топлива, готового к употреблению в форме АТФ. Однако на это требуется больше времени. Когда в их распоряжении достаточно сахара и кислорода, медленные мышцы способны без перерыва выполнять эту химическую трансформацию, питающую их энергией. Их быстрые собратья тоже могут вырабатывать АТФ из сахара, но они умеют делать это гораздо быстрее. Однако столь высокая скорость не дается даром: этот процесс куда менее эффективен. После первоначального всплеска энергии метаболические процессы, используемые быстрыми волокнами (более грубые и неопрятные, чем у их медленных сородичей), могут сделать из одной молекулы сахара всего две молекулы АТФ, готовые к использованию, а не 30, как у медленных волокон. Кроме того, такие процессы оставляют после себя химический мусор вроде молочной кислоты: отсюда характерное жжение в мышцах, которое все мы чувствуем после тяжелой

тренировки.

Соотношение количества медленных и быстрых мышечных волокон у спортсмена [как и у всякого человека] во многом определяется генетическими факторами и может влиять на предрасположенность человека к занятию видами спорта, рассчитанными на выносливость или на спринтерские качества. То же самое мы наблюдаем и у животных: быстрые волокна в изобилии встречаются в ножных мышцах гепарда, тогда как в ногах ленивца полным-полно медленных волокон. Однако тренировки также способны сказаться на этом соотношении. По данным некоторых исследований, доля быстрых волокон в икроножных мышцах олимпийских спринтеров порой превышает 75 %, а в ногах элитных марафонцев доля медленных волокон часто составляет около 80 %.

Все эти открытия в конце концов окажутся полезными для исследований Суини. Получив в Гарварде кандидатскую степень в области биофизики и психологии, Суини перешел в Пенсильванский университет, где сосредоточился главным образом на изучении мышечных «моторов» — миозина. Однако в середине 80-х команда исследователей из Бостонской детской больницы сделала открытие, которое расширило горизонты работы Суини, изменило траекторию его карьеры и в конечном счете забросило его в самое пекло весьма эмоциональной битвы за отыскание лекарства от изнуряющего недуга. Ставки в этой битве очень высоки.

Зачастую именно изучение поломок организма позволяет нам лучше всего узнать, что и почему необходимо для того, чтобы в организме нормально работали те или иные компоненты. К началу 80-х годов Луис М. Кункель, профессор педиатрии и генетики, уже много лет занимался поиском генетических причин наиболее опасной формы мышечной дистрофии (заболевания, истощающего мышцы) — недуга, именуемого мышечной дистрофией Дюшенна (МДД). В 1986 г. Кункель выявил не только ген, где сосредоточены мутации, вызывающие МДД, но и белок, кодируемый этим геном. Данный белок участвует в функционировании мышц, хотя никто раньше даже не знал, что он вообще существует. Каким-то образом отсутствие этого белка в организме запускает череду разрушительных процессов, которые заставляют постепенно атрофироваться мышцы страдающих МДД.

Для Суини открытие Кункелем этого белка (названного им дистрофином) стало чем-то вроде открытия новой планеты Солнечной системы. Перед ученым распахнулось новое обширное поле для исследований. Он решил разгадать тайну действия дистрофина и начал публиковать статьи на эту тему.

Вскоре ученому стали звонить организаторы конференций для групп родителей, чьи дети страдают МДД.

— Знаете, я не занимаюсь разработкой методов лечения, — неизменно отвечал им Суини. — Меня просто интересует, как работает этот белок и что в организме идет не так, когда его нет.

— И все-таки мы хотели бы, чтобы вы приехали об этом поговорить, — настаивали организаторы. — Людям важно лучше разобраться в ваших идеях и открытиях, в том, как всё это работает. Потому что, возможно, это поможет им самим подумать о том, как вы могли бы исправить положение.

И Суини поехал. И эти конференции коренным образом изменили его жизнь.

* * *

Если вы когда-нибудь встречали человека с мышечной дистрофией Дюшенна или человека, чей ребенок страдает этим заболеванием, вы поймете, почему Ли Суини ощутил такое чувство срочной необходимости что-то сделать, когда он впервые вошел в этот конференц-зал. МДД — разрушительный и изматывающий недуг, дающий себя знать с жестокой неспешностью, словно бы стремясь принести как можно больше мучений не только больному, но и его близким. Родителям отпущен некоторый благословенный период, в течение которого они наблюдают, как их ребенок развивается нормально. Большинству даже доводится увидеть, как их дитя делает свои первые радостные шажки.

Но постепенно они начинают замечать: с их чадом что-то не так. Между двумя и семью годами (когда обычно ставят этот диагноз) большинство детей с МДД передвигаются медленнее своих сверстников и испытывают при этом значительные затруднения. Может показаться, что они какие-то неуклюжие. Они постоянно падают, и им нелегко даются лазанье, прыжки, бег. Они часто устают и вечно просятся на ручки.

И все равно «родителям бывает трудно смириться с первоначальным диагнозом», как предупреждает сайт EndDuchenne. Org. Иногда может показаться, что дело идет на поправку, хотя мышцы ребенка при этом незаметно для постороннего глаза разрываются на части: процесс идет под кожей и не заметен обычному наблюдателю.

Но эта неоднозначность постепенно уходит, когда наступает вторая стадия заболевания. Между шестью и девятью годами у ребенка развивается странная походка, призванная компенсировать слабость туловища и бедер: больной выпячивает живот, или сильно отводит назад плечи, или ходит на носках либо на пятках. К 12 годам большинству таких детей требуется

инвалидная коляска. Примерно в 15 лет возникают проблемы с дыханием и с сердцем. Средняя ожидаемая продолжительность жизни больных МДД — всего 25 лет.

На конференции Суини объяснил, каким образом, по его мнению, неспособность организма вырабатывать один-единственный белок может вызывать такие страдания и биологические разрушения, как мышечная атрофия может возникать из-за своего рода микроскопической опечатки в молекулярной инструкции, которая содержится в ядре каждой клетки нашего тела.

Всякий человек обладает примерно 20 000 различных генов, расположенных в плотно свернутых двойных спиралях, которые имеются в ядре каждой клетки. Каждый из этих генов состоит из 27 ООО — 2,4 млн пар основных строительных блоков ДНК — микроскопических молекулярных кластеров, именуемых нуклеотидами. Каждый нуклеотид, в свою очередь, содержит одну из четырех ключевых молекул, именуемых основаниями. Эти четыре вещества — аденин, цитозин, гуанин и тимин. Последовательности этих оснований (их обозначают первыми буквами — А, Ц, Г и Т) на молекулярном уровне кодируют те инструкции, которые используются нашими клетками для синтеза каждого из белков, которые вырабатывает наш организм. Эти белки, в свою очередь, влияют на самые разные параметры — от цвета волос до темперамента и соотношения количества быстрых и медленных волокон в мышцах. Именно ошибка в нуклеотидной последовательности, кодирующей производство белка дистрофина, вызывает мышечную дистрофию Дюшенна.

Дистрофии — необычайно крупная белковая молекула, которую Суини сравнивает с «очень жесткой пружиной». Это своего рода клеточный амортизатор: он необходим, поскольку актин и миозин окружены деликатной клеточной мембраной. Дистрофии прикрепляется к этой мембране, тем самым соединяя актиновые и миозиновые волокна с эластичной матрицей, находящейся снаружи, и смягчая силу сокращений мышцы так, чтобы мембрана оставалась защищена. Если клетки внутри мембраны «потянут» слишком сильно, дистрофии подастся, словно упругая пружина, поглощающая силу удара или нажатия, и предотвратит разрыв непрочных оболочек клеток.

Без этого важнейшего клеточного амортизатора ребенок с МДД всякий раз повреждает свои мышцы, совершая какое-либо движение. (Представьте, что вы едете по ухабистой дороге на машине без амортизаторов.) Постепенно мышцы начинают разрываться. Вот почему такие дети приобретают эту неуклюжую походку. Вот почему они со временем всё больше теряют силу.

Вот почему (даже когда они неуклонно слабеют) их мышцы с виду кажутся более выпуклыми, чем когда-либо, внушая родителям ложные надежды. Такие бугры возникают не из-за увеличения количества волокон, сделанных из миозина и актина. Они появляются из-за роста жировых отложений и толстого слоя неподатливой рубцовой ткани. Эти жесткие сгустки в конце концов обрекут своего юного носителя на инвалидное кресло.

После того как Суини закончил свой доклад на первой для себя конференции по МДД, его обступили родители страдающих этим недугом. И они говорили с ним совсем не так, как небольшие группы студентов (в сущности, его будущих коллег), подходивших к Суини после его лекций в Пенсильванском университете.

«Эти родители пребывали в отчаянии, — вспоминает он. — Им отчаянно хотелось узнать всё возможное, чтобы хоть как-то почувствовать, хоть как-то понять, что же происходит с их ребенком».

Больше всего Суини запомнилось их смятение, вызванное тем, что весь мир (как им казалось) равнодушен к страданиям их детей. Эти люди явно ощущали, что о них все забыли.

«Они хотели узнать, почему среди ученых так мало тех, кто стремился бы проводить исследования в попытке справиться с этой проблемой», — говорит Суини.

И внезапно глубинное интеллектуальное любопытство Суини, его восхищение тайнами природы — всё это обратилось в нечто куда более серьезное и значительное. Суини вдруг нырнул в водоворот реального человеческого страдания. И это изменило маршрут его профессиональной карьеры. «Я почувствовал себя виноватым, когда сказал им, что я, честно говоря, не пытаюсь справиться с этой проблемой, что я просто хочу разобраться в ней», — отмечает Суини.

Вернувшись домой, он никак не мог перестать думать об этих родителях и об их детях. Он хотел что-то сделать, как-то им помочь. Его понимание механики данного заболевания приобрело иной оттенок — оттенок зримой трагедии.

Если причиной всех этих страданий и несчастий действительно является мутация, очевидное решение — попытаться как-то обратить эту мутацию вспять. Но с чего начать?

Идея о том, что мы могли бы в буквальном смысле заново переписать генетические инструкции организма, углубиться в биологические «строительные планы» человеческого тела и внести в ДНК изменения, преобразующие ткани и органы, разительно отличается от всех других научных подходов, когда-либо возникавших в истории науки и человечества в целом.

Некоторые сказали бы, что тем самым мы по-хакерски взламываем Божественный код, ведь мы явно вмешиваемся в генетические последовательности, которые оттачивались и совершенствовались на протяжении миллиардов лет эволюции живых существ. Вот почему ученые уже давно предупреждают: если уж мы хотим идти по этому пути, нужно проявлять при этом особую осторожность. Все эти вмешательства в ДНК могут приводить к непредсказуемым последствиям. Можно обрушить на человечество невиданные недуги. Можно случайно вывести мутантные виды животных. Можно создать настоящий Парк юрского периода, как в известном цикле фильмов.

При этом всегда было очевидно, что подобные исследования таят в себе огромный потенциал избавления людей от страданий — слишком огромный, чтобы можно было с чистой совестью отказаться от движения по этому рискованному пути. Ученые и врачи уже много лет заявляют: если мы сумеем подчинить себе генетику, перед нами откроются практически неограниченные перспективы излечения недугов. Мы сможем исцелять детей, страдающих МДД и бесчисленным множеством других болезней и отклонений. Мы сможем спасать жизни. Специалисты осознали это вскоре после открытия ДНК, несмотря на всё беспокойство о возможном неправомерном использовании технологий и о том, что эти достижения могут пойти на пользу не всем страждущим, а лишь немногим избранным.

Так или иначе, все эти мечтания начали воплощаться в реальную клиническую практику лишь спустя десятилетия. По-настоящему этот путь начался около 40 лет назад. В конце 60-х — начале 70-х исследователи из Университета Джонса Хопкинса впервые показали, что некоторыми ферментами можно управлять, чтобы они, подобно паре волшебных микроскопических ножниц, рассекали длинные нити ДНК на определенные фрагменты, проводя разрезы в любых заданных местах. Вскоре стэнфордские биохимики опубликовали серию статей, где описывали, как они «сшивают» различные фрагменты — специально обрезанные так, чтобы они оканчивались комплементарными нуклеотидами. Такие нуклеотиды притягиваются друг к другу, словно противоположные полюса магнитов. Специалисты назвали результат такого сшивания «рекомбинантной ДНК».

В 1972 г. биологи Теодор Фридман и Ричард Роблин рассказали о революционных возможностях применения этих методов в программной статье, опубликованной в Science и озаглавленной «Генная терапия генетических заболеваний человека». Они предположили, что главным в медицине будущего станет переписывание наших собственных

генетических «строительных планов».

За последние несколько лет биологи успели сделать еще один скачок вперед, разработав новую технологию редактирования генов под названием CRISPR[13]. Она проще, быстрее и дешевле, чем какой-либо из ее аналогов, использовавшихся прежде и обходившихся в тысячи долларов, причем на разработку одного такого метода зачастую уходили месяцы: изменению одного-единственного гена вполне могла быть целиком посвящена студенческая дипломная работа. До сравнительно недавнего времени методики целенаправленной генной терапии предполагали вставку генетического материала в какое-то произвольное место хромосомы, что иногда вызывало нежелательные побочные эффекты. А вот технология CRISPR, применимость которой для редактирования генов в человеческих клетках показали только в 2012 г., является гораздо более точным и тонким инструментом. В ее основе — задействование системы, используемой одноклеточными организмами для отслеживания чужеродных ДНК из встреченных ими ранее вирусов и плазмид, которые представляют угрозу для данной клетки. Применяя так называемые «гидовые РНК» как молекулярные маркеры для точного обозначения мест, где необходимо провести разрезы в человеческих клетках, ученые — они убедительно это продемонстрировали — могут управлять действиями фермента Cas9, обладающего способностью «взрезать» ДНК, чтобы извлекать нежелательные гены из клетки — или вставлять в нее новый генетический материал.

Методика позволяет даже лаборантам выполнять что-то вроде микрохирургии генов: теперь можно очень точно нацеливаться на определенные генетические последовательности в тех или иных участках хромосомы и легко изменять их. Эти серьезные модификации можно осуществлять сравнительно быстро — применяя доступные всем желающим готовые инструменты, которые стоят всего около 30 долларов. Многие убеждены, что вскоре эта технология позволит путем такого «переписывания» избавлять людей от многокомпонентных заболеваний и генетических черт — таких, причиной возникновения которых служит не один, а несколько генов.

Однако еще задолго до появления CRISPR ученые пытались использовать модифицированную ДНК. В 1990 г. группа, работающая в одном из американских Национальных институтов здравоохранения (National Institutes of Health, NIH) под руководством У. Френча Андерсона, лечила четырехлетнюю девочку от синдрома тяжелого комбинированного иммунодефицита [его еще называют «синдромом мальчика в

пузыре», так как больные им весьма уязвимы перед инфекционными заболеваниями и вынуждены постоянно находиться в стерильной среде], взяв у нее пробу крови, изолировав лейкоциты (белые кровяные тельца) в чашке Петри и затем подвергнув их воздействию вируса, который, как надеялись ученые, сможет внедрить свой генетический груз в ядра клеток девочки. Этот вирус заранее выпотрошили и начинили рекомбинантной ДНК, кодирующей производство одного из важнейших ферментов, необходимых для выработки Т-лимфоцитов, борющихся с инфекциями: именно этот фермент организм пациентки оказался не способен вырабатывать самостоятельно. Когда ученые вернули эти клетки в организм больной и он начал синтезировать необходимый фермент, это стало поворотным моментом в истории науки.

Правда, те эффекты, которых добился Андерсон и его команда, оказались лишь временными и не столь мощными, как надеялись некоторые: большинство «старых» клеток девочки продолжали штамповать ошибочную ДНК. Время шло, и ее больные клетки продолжали делиться гораздо быстрее, чем их собратья, которых Андерсон после генетической модификации вернул к ней в организм. К тому же, разумеется, этих модифицированных клеток в ее организме было гораздо меньше, чем прочих.

Один из коллег Суини (позже они будут вместе работать в Пенсильванском университете), биолог Джеймс Уилсон, спустя четыре года после пионерских работ Андерсона с девочкой, страдающей синдромом тяжелого комбинированного иммунодефицита, продемонстрировал методику, дающую более долговременные результаты. Он сумел встроить особый вирус в печень пациента, страдающего генетическим заболеванием, из-за которого в организме возникает смертельно опасная концентрация «плохого» холестерина. Поскольку в печени гораздо больше регенеративных клеток, чем во многих других органах и жидкостях организма, методика Уилсона оказалась гораздо более эффективна, чем все предыдущие аналогичные попытки. Модифицированные клетки печени быстро и массово размножались, и со временем этот орган превратился в надежный источник новых клеток — завод по производству недостающих ферментов, постоянно вбрасывающий их в кровеносную систему.

Позже Уилсон едва не погубил свою карьеру из-за еще одного препятствия: как выяснилось, биологическая аппаратура самого организма, предназначенная для борьбы с инфекциями, иногда способна неожиданно бурно реагировать на присутствие таких вот «вирусных векторов», используемых для доставки новой —

модифицированной — ДНК. В 1999 г. Джесси Гелсингер, 18-летний идеалист из Аризоны, страдавший сравнительно легкой формой одного генетического заболевания, вызвался поучаствовать в очередном исследовании Уилсона. Не прошло и четырех суток после того, как ему ввели вирус, содержащий модифицированную ДНК, как температура у Гелсингера поднялась до 40,3°. Повсюду в его организме начались воспалительные процессы, что указывало на острый иммунный отклик. Пять дней спустя Уилсону позвонили в четыре часа утра. Врач, работающий в палате интенсивной терапии, сообщил ему, что Гелсингера пришлось подключить к аппарату искусственного кровообращения. Его органы начали отказывать. Вскоре он умер.

«Белки, которые доставляли модифицированные гены, очень сильно активировали иммунную систему, мы такого никогда раньше не наблюдали, — говорит Уилсон. — Для нас это было как гром среди ясного неба. Каждый раз, когда нам звонили сообщить о его состоянии, новости были всё хуже и хуже».

Результатом трагедии стали судебные иски, слушания в Конгрессе, почти загубленная профессиональная карьера Уилсона. Вся сфера генетической инженерии словно бы откатилась на несколько лет назад. На протяжении почти всего первого десятилетия XXI в. одной из сложнейших проблем генной терапии станет отыскание способа подавлять атаку организма (иногда очень мощную) на модифицированные вирусные векторы, используемые для доставки ДНК, призванной избавить человека от смертельного недуга. Впрочем, в последние годы исследователи добились впечатляющих успехов на этом пути.

Однако исследователям, надеющимся развивать методы генной терапии, мешало — и до сих пор мешает — еще одно (вероятно, даже более серьезное) препятствие. Речь идет о сложности генетического кода как такового.

Человеческий геном — невероятно, ошеломляюще запутанная штука. В отличие от «синдрома мальчика в пузыре» и мышечной дистрофии Дюшенна, подавляющее большинство заболеваний и признаков человека вызвано взаимодействием многих различных участков ДНК и особенностей окружающей среды. Ученые уже начали более или менее успешно применять методы генной инженерии, ориентированные на борьбу с относительно несложными болезнями, причиной которых служит та или иная единичная мутация. Тем самым подтверждается, что методы генетической терапии, о которых мечтали Фридман и Роблин, действительно реализуемы на практике. Появление технологии CRISPR не исключает и того, что впоследствии удастся избавлять людей и от более сложных заболеваний, исправляя

несовершенства ДНК сразу на нескольких ее участках. Но во многих смыслах вся эта работа, по сути, только начинается.

Ученые еще только пытаются понять, каким образом компоненты человеческого генома и окружающей среды взаимодействуют друг с другом, изменяя нас к лучшему или к худшему. Собственно говоря, специалисты лишь недавно создали сами инструменты, необходимые для быстрого и дешевого считывания 3,2 млрд нуклеотидов, образующих генетическую последовательность каждого отдельного человеческого существа. Многие исследователи вынуждены признать: лишь когда эти инструменты удастся в должной мере усовершенствовать, мы сможем по-настоящему реализовать потенциал генетической терапии.

В этой сфере активно применяются достижения по части наращивания вычислительных мощностей, роста математической изобретательности и развития систем распознавания закономерностей, — те же достижения, которые Хью Герр использует в своей лаборатории, выясняя, как функционирует человеческая нога. Они уже начинают преобразовывать молекулярную биологию. Тысячам специалистов потребовалось почти десятилетие (и 3 млрд долларов), чтобы к 2000 г. расшифровать и записать в виде последовательности биологических букв первый человеческий геном, состоящий из 3,2 млрд нуклеотидов. Сегодня биотехнологические компании способны проделать это всего за три дня, причем один такой анализ обходится дешевле 5000 долларов. К тому времени, когда вы будете это читать, они наверняка сумеют делать это всего за тысячу или даже за гораздо меньшую сумму. Похоже, с каждым месяцем «секвенирующие машины» для анализа ДНК становятся эффективнее, их стоимость падает, а возможности манипуляций с генами растут.

Для секвенирования геномов [т. е. выяснения их ДНК-последовательности] нынешние специалисты используют сравнительно недавно разработанные методики, позволяющие автоматической системе кромсать куски ДНК на удобные для анализа фрагменты, быстро делать миллионы копий этих фрагментов и затем с помощью сложных методов, использующих молекулярные метки и визуальное распознавание, «читать» буквы конкретных геномов. Эти технологии (наряду с ростом вычислительных мощностей, позволяющих вести анализ и сравнение в этой постоянно пополняемой библиотеке полностью секвенированных геномов длиной в 3 млрд нуклеотидов) сулят настоящую революцию в нашем понимании того, каким образом различные комбинации генов взаимодействуют друг с другом,

вызывая заболевания и определяя то, как мы выглядим, действуем, мыслим.

* * *

Чтобы воочию увидеть передовые рубежи этого фронта научной революции (и попытаться понять, куда может привести генетическая инженерия, ориентированная на единичные мутации, — подобная той, которой занимается Суини), в 2014 г. я отправился во влажный, окутанный смогом южнокитайский мегаполис Шэньчжэнь, чтобы посетить компанию BGI, которая раньше носила название Bejing Genomics Institute [Пекинский институт геномики]. Компания располагается возле порта, в восьмиэтажном здании бывшей обувной фабрики. В 2008 г. в BGI работало всего 20 человек, но к 2014-му их количество перевалило за 5000, и компания стала крупнейшей в мире организацией, занимающейся секвенированием, а значит, заняла весьма заметное место в непрерывно растущей сфере генетических исследований.

Именно здесь — ив подобных фирмах и институтах — специалисты характеризуют и анализируют колоссальные массивы данных, отыскивая закономерности, которые могли бы объяснить, каким образом все эти миллиарды микроскопических белков, которые мы содержим в каждой своей клетке, взаимодействуют друг с другом, определяя наши черты, — и как небольшие изменения в этих белках могут в совокупности вызывать ту или иную поломку нашего организма.

Сегодня ученые из BGI и их коллеги раздвигают границы возможного с помощью инструментов современной генетики. Эти специалисты не только помогают выяснить, какие генетические последовательности несут ответственность за бесчисленные человеческие недуги, но и выявляют те гены, которые можно корректировать или размножать, создавая необычайно крупную рыбу — или просо, обладающее высокой урожайностью и засухоустойчивостью. Методами генной инженерии они вывели новую породу миниатюрных свиней, которые светятся в темноте, если на них упадет ультрафиолетовый луч: это полезно для научных исследований, поскольку такая особенность позволяет легко отслеживать состояние пересаженных органов. Биоинженеры BGI секвенировали ДНК «ледяного человека», останки которого (возрастом около 4000 лет) нашли в Гренландии: ученым хотелось выяснить, насколько он по своей генетической последовательности отличается от наших современников.

Более того, BGI даже вступила на этически сомнительную территорию поиска генов, которые могли бы сделать всех нас

больше, быстрее, сильнее и умнее. Иными словами, компания начала искать того же рода молекулярные уровни, как и те, что порождают чрезвычайно мускулистых мышей и позволяют младенцу по имени Лайам Хёкстра, схватившись за пальцы матери, повиснуть в воздухе, образуя «железный крест».

Недавно BGI приступила к секвенированию ДНК более чем 2000 обладателей необычайно высокого IQ. Цель этих изысканий — выявить генетические предпосылки ума. Компания согласилась взяться за этот проект совместно с исследователями из лондонского Королевского колледжа и Вашингтонского университета. Это непростая задача: считается, что не меньше 10 000 генов (т. е. половина человеческого генома) вносят тот или иной вклад в интеллектуальные особенности каждой отдельной личности.

Во время своего визита в лаборатории BGI я познакомился с Крисом Чаном, американским программистом и генетиком, который участвует в этих исследованиях. Я расспросил его о целях проекта и о тех разногласиях, которые он пробуждает в кое-каких кругах — например, среди специалистов по медицинской этике и отдельных ученых, беспокоящихся, как бы всё это не привело к появлению генетически модифицированных младенцев. Чан заметил: «Мне кажется, если каждый желающий получит возможность обзавестись более смышлеными детьми, в конечном счете это улучшит состояние общества».

Многие ученые относятся к этим работам скептически: они считают, что компании вряд ли удастся разгадать тайны человеческого разума. Но если BGI все же добьется успеха, это станет не первым случаем, когда она сумела выявить генетические особенности, которые могли бы оказаться важными для создания биоинженерных методик совершенствования человека. В 2010 г., секвенировав геномы 50 тибетцев и 40 ханьских китайцев, компания объявила, что ей удалось обнаружить более 30 генов с мутациями, позволяющими некоторым людям лучше переносить пребывание на большой высоте. Почти половина из этих мутаций оказалась связана с тем, как организм использует кислород. В сущности, исследователи нашли биологические рычаги, на которые можно было бы попытаться нажимать с помощью медикаментов или генетических манипуляций, чтобы облегчить адаптацию человека, попавшего в горы.

Предупреждения университетских специалистов по этике о возможных последствиях грядущей генетической революции казались чем-то очень далеким и неважным, когда я бродил по коридорам BGI. В 2010 г. компания получила кредит на 1,5 млрд

долларов от Китайского банка развития, финансирующего проекты, отвечающие политике властей страны. Эта колоссальная [во всяком случае, для научной организации] сумма позволила BGI буквально в одночасье воспарить, превратившись из сравнительно маленькой фирмы в корпорацию, обладающую более значительной «огневой мощью» по части генетических работ, чем какое-либо другое отдельно взятое научно-исследовательское учреждение планеты.

Во время своей поездки в Шэньчжэнь и в гонконгский филиал компании, расположенный в здании бывшей типографии и находящийся хоть и за границей, но совсем близко, я обходил помещение за помещением, заполненные самыми лучшими, самыми умными лаборантами-китайцами, с детскими лицами, в голубых лабораторных халатах. Склонясь над пробирками, держа в руках пипетки, они готовили образцы для секвенирующих машин.

Другие специалисты поджидали, когда можно будет, поднявшись на несколько лестничных пролетов, отнести эти образцы в один из просторных залов длиной с половину футбольного поля, похожих на пещеру, но освещенных флуоресцентными лампами и уставленных лабораторными столами. В Гонконге я вошел в один из таких залов. Здесь раздавалось неумолчное гудение мощных кондиционеров, поддерживающих в помещении постоянную температуру — ровно 20 °C. Из потолка с интервалами в несколько футов выступали темные круги (их было не меньше 60) — корпуса камер, в потоковом режиме передающих изображение в далекий «центр управления», находящийся в этом же здании. Камеры были устремлены на предметы, разложенные на столах передо мной.

На каждом столе располагалось обтекаемое устройство чуть больше обычного мини-холодильника — пожалуй, размером с маленькую микроволновку. Несмотря на столь скромные габариты, такое устройство стоит дорого: в США на эту сумму можно купить много домов на четыре спальни, причем в очень хорошем районе. Компании BGI принадлежит 128 этих секвенсоров ценой в 750 000 долларов каждый, сделанных по последнему слову техники. Называются они «Illumina HiSeq 2000».

Каждый 13-дневный цикл работы одной «Иллюмины» дает 600 гигаоснований информации (т. е. данные о 600 млрд нуклеотидов). Таким объемом генетических сведений можно заполнить шесть этажей библиотеки, на каждом из которых в общей сложности 900 м полок для научных журналов. Это в 1200 раз больше того количества данных, который поместится на обычном CD-ROM. Иначе говоря, на этих шести библиотечных

этажах может храниться результат полной расшифровки геномов 200 человек, объемом по 3 млрд нуклеотидов. (Правда, для BGI это был бы результат расшифровки всего десяти геномов: каждый геном она секвенирует по 20 раз, чтобы добиться высочайшей статистической точности.) Таким образом, компания расшифровывает около 1730 геномов каждые 13 дней. Где-то во всех этих данных таятся закономерности, которые могут содержать указание на то, что же делает нас такими, какие мы есть, — и за какие молекулярные рычаги мы могли бы потянуть, чтобы позволить всем желающим преобразиться, став такими, какими они хотят стать.

После того как «Иллюмины» извергнут свои данные, целая армия молодых сотрудников, сидящих по ту сторону границы, в Шэньчжэне (в офисных ячейках, которые располагаются в огромном помещении, напоминающем склад), приступает к следующей стадии работы — очистке этой информации и поиску корреляций между определенными буквами в ДНК-последовательности и носителями определенных черт или заболеваний: возможно, эти особенности можно будет связать с конкретными генами.

Чтобы эффективно проводить все эти сопоставления, BGI организовала несколько вычислительных центров, оснащенных суперкомпьютерами. Анализ ДНК — математическая проблема на много порядков сложнее, чем выяснение взаимосвязей между различными частями человеческой руки или ноги, которое (как мы узнали из предыдущей главы) находилось далеко за пределами досягаемости предыдущих поколений инженеров-биомехаников: лишь в наше время специалисты вроде Хью Герра и Патрика ван дер Смагта получили возможность моделировать взаимодействия этих бесчисленных переменных и выявлять, как эти параметры связаны друг с другом и с движениями человека.

Герру приходится работать с тысячами переменных, а компании BGI — с миллиардами, так что ее аппетиты по части вычислительных мощностей постоянно растут и никогда не находят полного удовлетворения. Растет и объем компьютерной памяти, находящийся в распоряжении корпорации. Цель — достичь общей производительности в тысячу терафлопсов (иными словами, в 1 квадриллион операций в секунду). Незадолго до моего визита компания объявила, что сумела превысить четверть этой величины. В рамках некоторых проектов, требующих, чтобы статистики компании одновременно проводили сложный регрессионный анализ множества нуклеотидных последовательностей (каждая — длиной в 3 млрд нуклеотидов), китайское правительство разрешает BGI доступ к некоторым из

самых мощных суперкомпьютеров в мире, расположенным в вычислительных центрах, которые принадлежат властям страны и которыми они безраздельно распоряжаются.

Вероятно, величайшие достижения и открытия компании еще впереди. BGI заявила, что планирует секвенировать миллион человеческих геномов. Если удастся реализовать эту амбициозную цель, корпорация получит в свое распоряжение генетическую библиотеку невиданного объема. Иными словами, компания надеется прочесть 3 квадриллиона нуклеотидов: для того чтобы хранить эти данные в традиционном бумажном формате, потребовалась бы библиотека в 30 млн этажей. Столь гигантская сокровищница данных, вероятно, позволит ученым искать любые корреляции между определенными генами и определенными признаками или заболеваниями, причем степень статистической достоверности при этом будет чрезвычайно высока. Но для этой работы, конечно, понадобятся и неслыханные вычислительные мощности.

Я поинтересовался у Чана, занимающегося исследованиями генетических корней интеллектуальных способностей, не становится ли ему неуютно при мысли о том, что в будущем какие-то человеческие черты можно будет формировать методами генной инженерии. Я передал ему опасения, которые часто высказывают специалисты по медицинской этике: мол, такие технологии пойдут на благо лишь немногим избранным, а мы, все остальные, останемся где-то далеко позади. Сначала мне показалось, что Чана не очень волнует эта проблема. Но когда я стал донимать его уточняющими вопросами, он все-таки признался, что некоторые сценарии дальнейшего развития этой отрасли заставляют его призадуматься.

«Если вы обладаете возможностью напрямую редактировать гены, вам могут показаться довольно страшными кое-какие вещи, которые вам не составит труда вообразить», — довольно беспечно признал он.

«Например, какие вещи?» — осведомился я. В конце концов, многие полагают, что эту способность напрямую редактировать гены даст нам технология CRISPR.

Чан заговорил о чертах, которые мы ассоциируем с социопатами вроде Бернарда Мейдоффа[14] или Чарльза Мэнсона[15] — людьми, которые словно бы не чувствуют никакого раскаяния, совершив деяния, которые большинство в нашем обществе считает омерзительными.

«Если кому-то покажется, что такая черта даст его ребенку конкурентное преимущество, — объясняет ученей, — и этот кто-то будет точно знать, как методом генной инженерии добиться…

нужного сочетания признаков — никакого сочувствия плюс огромная самоуверенность, то это действительно страшно».

* * *

Чем больше Ли Суини думал о том, как помочь детям с мышечной дистрофией Дюшенна и их отчаявшимся родителям, тем больше он осознавал, что ему хочется найти способ помочь и другой группе пациентов, страдающих от атрофии мышц. Как раз в тот период, когда он посетил конференцию по МДД, так перевернувшую его жизнь, Суини печально размышлял над страшными последствиями процессов старения. Несколько месяцев его преследовала горестная картина почти неизбежного разрушения мышц, которое превращает тех, кто принадлежит к старшему поколению, в хрупкие тени самих себя.

На все эти мысли его натолкнула смерть бабушки — Мэтти Тео Ричардсон. Много лет она счастливо жила вместе с родителями Суини в техасском Арлингтоне. Но кончина, постигшая Ричардсон в 91 год, выглядела не очень-то привлекательно. Эта женщина всегда была очень энергичной, ей нравилось возиться в саду. Однако с годами она становилась всё слабее, и настал день, когда ее подвели ноги. Ричардсон упала и сломала бедро. После этого падения она так и не оправилась, хотя прожила еще полтора года.

Когда Суини виделся с ней в последний раз, Ричардсон сокрушенно сказала ему, что больше не в состоянии делать те вещи, которые она так любит делать, что она стала слишком хрупкой и что ей больше незачем жить.

«А дальше она просто угасла, — говорит Суини. — Ее мышцы очень ослабли, и она позволила себе умереть».

Ее смерть побудила Суини (в месяцы, предшествовавшие тому дню, когда он согласился выступить на конференции по Дюшенну) внимательнее присмотреться к тому, что происходит с нашими мышцами по мере того, как мы стареем. Между 30 и 80 годами все мы теряем в среднем: одну треть общей массы своих скелетных мышц. Мы в буквальном смысле начинаем усыхать. Суини задался вопросом: почему так происходит? Да и должно ли происходить? Как ему казалось, точно такое же биологическое сырье, которое используется организмом для строительства мышц в молодости, остается доступным организму и в старости. Что заставляет наше тело внезапно прекратить эту необходимую работу по ремонту существующих мышц и созданию новых?

Слыша истории о страданиях детей с МДД от их родителей, Суини вспоминал о возрастной атрофии мышц, которая так занимала его мысли в последнее время. В беспомощности отчаявшихся родителей он узнавал свою собственную. Ученый

осознал: если он сумеет раскрыть тайну увядания мышц по мере старения человека, не исключено, что это открытие принесет пользу и больным МДД. Если дать этим пациентам более крепкие мышцы (как он мечтал поступить со своей хрупкой бабушкой, прикованной к постели), и дети, и их близкие получат больше бесценного времени — и качество этого времени будет выше.

Была еще одна причина, по которой такую попытку стоило бы предпринять. Суини поддерживал тесные контакты с генетиком Джимом Уилсоном и его коллегами. Вместе с Уилсоном он даже выпустил статью о дистрофине и генной терапии. Да, мышечную дистрофию Дюшенна вызывают именно мутации, влияющие на этот белок, один-единственный. Однако дистрофиновый ген — самый крупный из всех, какие человек встречал в природе. Он состоит по меньшей мере из восьми независимых «промоторов» [своего рода биологических катализаторов], обладающих специфичностью по отношению к определенным тканям, и в нем около 2,4 млн нуклеотидов. Сам же белок дистрофии содержит более 3500 аминокислот. Как мы уже знаем, ученые научились потрошить некоторые вирусы и превращать их в механизмы доставки рукотворного генетического материала, но такие вирусы оказались просто недостаточно велики для того, чтобы в них поместились молекулярные инструкции для синтеза дистрофина. Нужные фрагменты ДНК в них не влезали.

Так что Суини с Уилсоном стали дальше работать над проблемой дистрофина. Суини был полон решимости как можно скорее что-то сделать — что-то такое, что помогло бы и страдающим МДД, и жертвам возрастной атрофии мышц, таким, как его бабушка Мэтти Тео Ричардсон.

Ученый начал с попыток диагностировать эту проблему у пожилых людей. Он толком не понимал, почему с годами мы теряем мышечную массу, но он подозревал, что причина может крыться в возрастном замедлении работы эндокринной системы — группы желез, передающей общие инструкции по всему организму: от инициирования инстинкта «бей или беги» до сигнализирования, что нам пора лечь спать или что мы влюбились. Всё это делается путем выбрасывания в кровь определенных гормонов.

Суини знал, что гормоны эндокринной системы также играют роль в запуске и регуляции процессов роста и ремонта мышц. Собственно говоря, и синтетические стероиды, которыми пользуются бодибилдеры, и генетически модифицированный гормон роста действуют благодаря тому, что они имитируют соединения, синтезируемые нашей эндокринной системой, — гормоны, уровень которых в нашем организме, как было известно

Суини, резко падает по мере нашего старения. Если бы Суини как-то сумел прицельно воздействовать на те мышечные области, которые принимают эти общие сигналы роста, если бы он смог найти способ посылать им свое собственное послание, тогда, быть может, ему все-таки удалось бы убедить их расти дальше. И ученый решил взломать систему, точно хакер.

Он взвесил доступные варианты. Анаболические стероиды отпадали. И пожилые люди, и дети с МДД часто испытывают проблемы с сердцем, а всё большее количество исследований заставляет предположить, что анаболические стероиды могут негативно действовать и на способность сердца эффективно перекачивать кровь, и на его способность расслабляться и наполняться кровью в интервалах между сокращениями. Лечение стероидами, возможно, и привело бы к росту массы скелетных мышц у таких людей, но если при этом ухудшилась бы работа сердца, пациентам осталось бы не очень много времени, чтобы насладиться этой увеличившейся мышечной массой. Кроме того, Суини знал, что анаболические стероиды с биохимической точки зрения очень далеки от тех молекулярных переключателей, до которых он надеялся дотянуться. В сущности, это модифицированные версии тестостерона — мужского полового гормона (помните введение и этих древнегреческих олимпийцев, жевавших бараньи тестикулы?). Они вызывают активный рост волос на лице и другие симптомы, совершенно не связанные с ростом мускулов. Суини предположил, что атрофию мышц у пожилых людей вызывают изменения в какой-то другой части эндокринной системы: в конце концов, такая атрофия случается у представителей обоих полов.

Затем он обратился к человеческому гормону роста (ЧГР). ЧГР синтезируется фасолеобразной структурой в основании головного мозга, именуемой гипофизом. Эта железа посылает организму распоряжения о наращивании мышечной массы (поэтому она служит популярным объектом воздействия у атлетов, принимающих допинг). И в самом деле, мысль о том, что именно гипофиз мог бы служить причиной изменений, которые происходят в стареющем организме, представлялась очень даже разумной.

Однако, хотя ЧГР казался многообещающей мишенью, Суини решил, что и он слишком уж удален от того механизма мышечного роста, до которого он рассчитывал добраться. Гормоны работают по принципу «ключа и замка». Они циркулируют в крови, пока не встретят белки, к которым они «подходят». Эти белки (их называют рецепторами) выступают из различных клеток по всему организму. Когда гормон соединяется

с рецептором, начинаются определенные клеточные процессы в ДНК данной клетки, подобно тому, как ключ зажигания заводит автомобиль.

Ученые долго считали, что и тестостерон, и ЧГР напрямую способствуют росту мышечной массы, в частности из-за того, что они дают организму приказ вырабатывать третье вещество, именуемое IGF-1. Именно это соединение, синтезируемое в самих клетках мышц, запускает целый каскад химических процессов, которые приводят к дальнейшему росту мускулов. При этом стволовые клетки, эти странствующие строительные бригады организма, приступают к работе в мышечных клетках, добавляя новые слои миозина и актина, из которых состоят два типа волоконец, скользящих друг по другу и позволяющих нашим мышцам сокращаться, преобразуя химическую энергию в кинетическую — в ту силу, которая позволяет нам двигаться и вообще всячески воздействовать на мир физическим путем.

«В конце концов мы решили обратиться напрямую к IGF-1, потому что это вещество и было нашей реальной целью!», — говорит Суини.

Иными словами, он решил попытаться воздействовать на сам ген, отвечающий за выработку IGF-1 (а не полагаться на гормоны, которые влияют на синтез этого вещества), — и отправить что-то вроде приказа о всеобщей мобилизации десяткам крошечных белков, этих рабочих пчелок, обитающих внутри самих мышечных клеток и умеющих заниматься строительством и ремонтом. Вместо введения дозы гормонов, отдающих такой приказ, но рано или поздно распадающихся, он намеревался применить генетически модифицированный вирус, который доставил бы «искусственный!» ген непосредственно в мышцу, которая в результате стала бы «включенной» — и в дальнейшем оставалась бы в таком состоянии.

Суини разбил подопытных мышей на три группы — по возрасту. В первую группу входили молодые (двухмесячные), во вторую — грызуны средних лет (18-месячные), в третью — пожилые (24-месячные). (В среднем мышь живет гораздо меньше человека.) Затем он с помощью инъекции ввел модифицированный вирус в мышцы правой задней ноги каждого зверька. Левая задняя нога служила для сравнения. Спустя 4–9 месяцев он жертвовал этими животными ради науки — умерщвлял их, вскрывал и изучал, каким образом выросли мышцы.

Результаты оказались совершенно однозначными. Мышечная масса у самых юных зверьков увеличилась на 15 %, а сила их мускулов — на 14 %. Но больше всего Суини поразился, обследуя

мышей постарше. С первого взгляда стало очевидно, что у них более крупные мышцы. Получалось, что вещество IGF-1 очень успешно запустило соответствующий процесс. Но когда однажды Суини пришел в лабораторию, уселся перед компьютером и стал анализировать эти данные вместе с одним из своих постдоков, его потрясли полученные цифры.

Да, он ожидал кое-какого мышечного улучшения. Но когда он как следует изучил мускулы грызунов, находившихся в возрасте, эквивалентном человеческому 90-летнему (именно в этом возрасте бабушка, его любимица, окончательно сдалась гибельной слабости тела), Суини обнаружил, что мышцы у них такие же крепкие и здоровые, как и у молодых животных.

«Что ж, это несколько лучше, чем я ожидал», — сдержанно заметил он тогда.

«Мы предполагали, что состояние их мускулов улучшится, — говорит сегодня Суини. — Но мы не знали, что они придут к самому лучшему состоянию, какое только бывает на протяжении всей жизни этого существа,».

У пожилых грызунов мышцы выросли на 19 %, а их сила увеличилась на целых 27 %. Более того, экспрессия [«включение»] гена, отвечающего за синтез IGF, «в полной мере предотвращала существенные потери самых быстрых и мощных типов волокна», тем самым давая возможность предположить: усиливается не только производство новых мускулов, но и мышечная регенерация. Наличие таких процессов регенерации указывало на то, что подобная методика могла бы помочь пациентам, страдающим мышечной дистрофией, сохранять нормальное функционирование мускулов. Да и для всех остальных людей последствия этого открытия могли оказаться весьма серьезными.

«Когда эти животные достигли весьма почтенного возраста, их мышцы уже больше не менялись, — отмечает Суини, и перед глазами невольно возникает образ 90-летних людей, страдающих старческим слабоумием, но бодро участвующих в соревнованиях по спортивному многоборью «CrossFit». — Мышцы оставались таким же сильными, как у этих же зверьков в юности».

Результаты своих исследований Суини опубликовал в одном из серьезных научных журналов, снабдив текст постскриптумом, который кажется слишком личным для сухого академического издания: «Г. Л. С. посвящает эту работу памяти своей бабушки Мэтти Тео Ричардсон, чья жизнь стала труднее и короче из-за нехватки мышечной силы, необходимой для того, чтобы стоять и ходить».

* * *

Хотя статья Суини имела для него не только научное, но и

глубоко личное значение, он осознавал, какую опасность таят в себе эти исследования. Опубликовав эту работу, он предостерегал: для спортсменов генетическая терапия, ориентированная на ген, который отвечает за выработку вещества IGF-1, могла бы стать «идеальным усилителем качества выступлений».

«Вы наращиваете мышечную массу и силу — даже без всяких тренировок, — отмечал он. — И никакой анализ крови не обнаружит, что вы прибегли к этому методу». Ученый язвительно заметил: эта технология — мечта лентяя.

И все-таки он не был готов к тому, что на него обрушится такое количество звонков от спортсменов, которым отчаянно хочется улучшить свои показатели.

В 2001 г. два корреспондента британской газеты Guardian посетили лабораторию Суини и вблизи посмотрели на представителя очередного поколения модифицированных мышей. Когда ученый продемонстрировал им забавно накачанного зверька, репортеры окрестили этого грызуна «Мачо».

Целенаправленно воздействуя на печень, Суини создал в ней центр усиленного производства молекул IGF-1, которые затем разносились кровеносной системой по всему организму, приводя к росту мышц повсюду. Это лечение повысило общую мышечную массу Мачо на ошеломляющие 60 %, позволив ему «без всяких усилий» забираться вверх по лесенке с прикрепленным к спине грузом в 120 г — втрое больше собственного веса.

К тому времени прошло уже больше трех лет с тех пор, как Суини впервые явил миру своих мышей. С этого момента ему стали обрывать телефон спортсмены. И это сказалось на его отношении к таким исследованиям.

«Я убежден, что если бы Советский Союз не распался, там бы сейчас уже вовсю занимались генетическим изменением людей, — заявил Суини британским репортерам во время этого их визита. — Кто знает, к чему бы это привело?»

Сходные опасения возникают у многих ученых — и далеко не только у тех, кто профессионально занимается исследованием мышц. Так, в своей книге «Беги, плыви, швыряй, обманывай» британский спортивный биолог Крис Купер пишет, что для спортивных достижений необходима «сила, выносливость и способность состязаться, преодолевая болевой порог». Те профессиональные атлеты, которые не чужды мошенничества, десятилетиями пытаются улучшить эти параметры при помощи (как это называет Купер) «неснятой троицы» — анаболических стероидов, гормона эритропоэтина и различных стимуляторов. Одна из наиболее ярких и невероятных историй охоты на гены

среди всех, с которыми я столкнулся при подготовке этой книги, касается выявления не генетической мутации, а третьего компонента куперовской «неснятой троицы» — веществ, позволяющих лучше переносить боль.

В начале 2000-х группа британских генетиков получила необычное сообщение от врачей, работающих в больнице пакистанского Лахора. Медики рассказывали о десятилетнем пакистанце, который зарабатывал на жизнь, устраивая уличные представления, где втыкал себе в руки ножи и разгуливал по раскаленным углям. При этом мальчик получал вполне реальные повреждения: после своих выступлений он постоянно приходил в больницу израненным и в ожогах, прося, чтобы его подштопали. Но вот что странно: как бы ни были страшны травмы, полученные им в тот или иной день, юный фокусник, похоже, не ощущал совершенно никакого дискомфорта. Он словно бы вообще не обращал на них почти никакого внимания. Доктора начали подозревать, что у факира имеется какая-то редкая мутация, которая делает его невосприимчивым к боли.

К несчастью, когда команда британских генетиков приехала на место, чтобы проверить эту гипотезу, было уже слишком поздно: незадолго до этого мальчишка спрыгнул с крыши, чтобы произвести впечатление на своих приятелей, и погиб. Однако приехавшие генетики все-таки смогли получить образцы ДНК у жителей родной деревни фокусника. Ученые обнаружили, что у представителей трех тамошних семей имеется дефект гена со сложным названием «натриевый канал N9A (SCN91)» — одного из 11 человеческих генов, кодирующих белки, задействованные в процессах инициирования болевых сигналов, которые распространяются по телу. Все эти люди могли бы при желании ходить по горячим углям, не чувствуя никакой боли. Эта мутация открывает широкие перспективы для разработки обезболивающих лекарств. Однако вполне можно себе представить, почему в некоторых видах спорта способность терпеть боль может оказаться такой же важной, как и мускулы внушительных размеров в тяжелой атлетике. К тому же возникают тревожные мысли не только о спортсменах, которые готовы пойти на всё ради победы, но и о солдатах, которыми могут двигать такие же побуждения, или об авторитарных правительствах, насильственно превращающих солдат в пушечное мясо, не чувствующее боли.

Основной автор исследования, С. Джеффри Вудс из Кембриджского института медицинских исследований, не пожелал говорить о своей работе и быстро повесил трубку, когда я с ним связался. И это не единственный из работающих в данной области, кто проявляет такую осторожность. Сицзинь Ли,

профессор Медицинской школы Университета Джонса Хопкинса, считается, как и Суини, одним из главных в мире специалистов по биологическим путям передачи мышечных сигналов. Но и он избегал моих звонков. Он воздерживается от общения с журналистами, поскольку (как он объяснил Дэвиду Эпштейну, автору книги «Спортивный ген», вышедшей в 2014 г.) «обеспокоен явной готовностью спортсменов использовать в неблаговидных целях ту методику, которая даже еще не стала полноценной технологией и которая предназначена для больных, у которых не осталось другого выбора». Ли опасается, что типы мышечной терапии, над которыми работает и он, и Суини, «могут, подобно стероидам, приобрести в обществе негативный ореол из-за той роли, которую они играют в спортивных скандалах».

Безусловно, пример со стероидами служит здесь серьезным предупреждением. Сегодня легко забыть, что задолго до того, как их стали ассоциировать со спортивным жульничеством, анаболические стероиды использовались как могучая благая сила — для лечения слабейших среди нас (страдающих от острого недоедания скелетоподобных узников, освобожденных из Освенцима и других концлагерей в конце Второй мировой, или жертв ожогов, или детей с проблемами роста).

Почему это отношение к стероидам изменилось? Здесь имеет смысл рассмотреть классический предостерегающий пример, наверняка постоянно маячащий в сознании Суини, Ли и их коллег, размышляющих о новой эпохе генетического допинга. Речь идет об истории человека по имени Гордон Хьюз.

В 1961 г. Хьюз синтезировал новое вещество под названием «норболетон» или «генабол» — в ходе работы над своей кандидатской диссертацией по химии, которую он выполнял в английском Манчестерском университете. Изобретатель полагал, что это соединение могло бы помочь пожилым пациентам, перенесшим хирургическую операцию и. нуждающимся в том, чтобы их организм вырабатывал больше белков. Компания Wyeth Pharmaceuticals (ныне — часть концерна Pfizer), куда Хьюз потом устроился, даже провела исследования этого вещества как средства для набора веса, которое могли бы применять обладатели скромных габаритов.

Но весь остальной мир узнал об этом лекарстве отнюдь не как о средстве для пожилых пациентов, перенесших операцию, или для худощавых детей. Это касается и меня, и Суини. Я впервые узнал об этом веществе несколько лет назад, когда прилетел на кукурузные поля Шампейна (штат Иллинойс), чтобы встретиться с Патриком Арнольдом, угрюмым коренастым химиком, некогда наткнувшимся на детище Хьюза, изучая в

медицинской библиотеке литературу о стероидах. Арнольд имел в виду совсем иное применение этого вещества. В начале 90-х этот 24-летний лаборант пахал на низкооплачиваемой работе, которую ненавидел: он помогал синтезировать соединения, которые используются в шампунях и гелях для волос. На досуге он охотно занимался тяжелой атлетикой. И ему было очень скучно.

Однажды, запустив очередную серию реакций, Арнольд стал искать в справочниках молекулярную структуру стероидов, упоминаемых в журналах для тяжелоатлетов, и вдруг его осенило. Арнольд вспоминает, как он подумал: «Я терпеть не могу свою работу, я прохлаждаюсь тут, почти ничего не делая, в моем распоряжении целая лаборатория, а значит, я могу попробовать сварить кое-какие из этих штук. Черт побери, никто никогда не узнает, что я здесь вытворяю».

Арнольд внес исходные компоненты, необходимые для синтеза нужных ему стероидов, в список реагентов, которые он регулярно заказывал через компанию, и никто ничего не заметил. Вскоре он по десять часов в неделю сидел в библиотеках, просеивая научные журналы и забытые патенты в поисках соединений, чья молекулярная структура стоила дальнейшего изучения. Едва ли не больше всего Арнольда воодушевил хьюзовский норболетон. Вещество имело уникальное химическое строение, которое не позволяло обнаружить его в организме, а кроме того, оно, судя по всему, обладало многими свойствами более мощных стероидов, которые уже пробовал исследовать Арнольд.

Много лет спустя, уже став преуспевающим экспертом по пищевым добавкам (вполне традиционным), чьи продукты используются, например, профессиональными бейсболистами вроде Марка Макгуайра, неутомимый Арнольд решил для забавы сварганить порцию норболетона. О норболетоне мало кто знал, так что системы детектирования допинга, действующие в профессиональном спорте, попросту не имели в своем распоряжении образцов этого вещества, а значит, не могли и обнаруживать его в организме. А потом Арнольд передал синтезированное им соединение олимпийской велогонщице Тэмми Томас. Совершенно проигнорировав предостережения Арнольда насчет дозировки, Томас приняла столько вещества, что вскоре могла поднимать немыслимые 143 кг из приседа. Вдобавок у нее появился крупный кадык, она заговорила низким мужским голосом, на лице у нее стали расти усы и борода, а верхняя часть головы стала по-мужски лысеть. В конце концов уровень выработки естественного тестостерона в ее организме (женский

организм тоже вырабатывает этот гормон, хотя и в меньших количествах, чем мужской) упал до столь низкого уровня, что антидопинговые организации заволновались: такое падение содержания тестостерона — известный побочный эффект, часто возникающий после того, как спортсмен завершил прием курса стероидов. Мочу спортсменки начали подвергать тщательному анализу — и спустя некоторое время, разумеется, сумели выявить в ней продукты метаболизма, которые затем позволили установить, что Томас принимала норболетон.

Образец синтезированного им вещества Арнольд послал и одному предприимчивому бизнесмену по имени Виктор Конте, владевшему центром спортивного питания в калифорнийском Барлингейме (под названием BALCO — Bay Area Laboratory Cooperative [«Лабораторный кооператив Калифорнийского залива»]). Конте окрестил вещество «прояснителем» и начал поставлять его спортсменам высшего класса. После того как Томас попалась, Арнольд сделал нечто неслыханное в истории спортивного допинга. Он прошерстил знаменитый каталог соединений, выпускаемый фирмой Merck, и создал совершенно новый стероид[16].

Впоследствии деятельность BALCO привела к мощному скандалу, затронувшему ряд самых известных спортсменов США и запятнавшему имена бейсбольных титанов Джейсона Джиамби и Барри Бондса, футбольной звезды Билла Романовски, британского спринтера Дуэйна, Чемберса, легкоатлетки Мэрион Джонс (трехкратной олимпийской медалистки) и других атлетов. Арнольда приговорили к трем месяцам заключения, которые он отбыл в федеральной тюрьме, находящейся в Моргантауне (штат Западная Вирджиния).

Именно из-за печально известных зелий Арнольда большинство людей знает о работах Гордона Хьюза. Ученый, уже вышедший на пенсию, с неодобрением относится к такой славе.

«Меня огорчает, что люди принимают эти препараты, — признался мне Хьюз. — Вещества не соответствуют требованиям FDA. И вообще вы ничего о них не знаете».

По словам Хьюза, когда он впервые синтезировал это соединение, ему и в голову не могло прийти, что его творение могут использовать таким вот образом.

Но такие мысли пришли в голову чиновникам Всемирного антидопингового агентства, обдумывающим наступление эпохи генной терапии. Более того, в связи с этим они частенько вспоминают о деле BALCO. В январе каждого года Суини вместе с несколькими другими видными экспертами-генетиками прилетает в Монреаль и добирается до сверкающего 48-этажного

небоскреба, который высится на двухсотлетней площади Виктория-сквер. Затем он и его коллеги проводят восемь часов, уединившись в конференц-зале на семнадцатом этаже, поедая ту пищу, которую им соизволят принести, и обсуждая те бесчисленные способы, какими атлеты могли бы злонамеренно использовать достижения этой новейшей отрасли — генной инженерии — для того, чтобы изменить свой организм.

«Они [чиновники ВАДА] надеются на сей раз определить развитие событий, — говорит Суини. — Они надеются, что теперь спортсмены будут больше опасаться таких методов и что вадовцев не застанут врасплох, как это случилось с ними во время этого фиаско с BALCO».

И все равно Агентство ограничено в своих возможностях. Один из путей его работы — контактировать с компаниями, проводящими испытания методик генной терапии, получать у них образцы и затем искать в организме атлетов остатки соответствующих «биологических автографов», которые показывают, что спортсмен пытался изменить свои гены. Еще один вариант — выделять гранты тем исследователям, которые стремятся разработать инновационные методы тестирования на генетический допинг.

Но тут есть серьезная проблема. Доказать, что спортсмен «взломал» свои гены (как хакер взламывает программу), можно лишь одним способом — обнаружив наличие в его организме того вектора, который доставил новую ДНК. Однако организм в конце концов расщепляет этот вектор и выводит из себя его компоненты, не оставляя никаких следов. После того как это произошло, практически невозможно доказать, что эта ДНК не досталась спортсмену от природы.

«Это один из вопросов, которые мы обсуждаем, — рассказывает Суини. — Нужно решить, с какой периодичностью проводить тестирование, чтобы гарантировать: мы сумеем выловить эти следы».

Вероятно, самое существенное препятствие на этом пути — само число возможностей вмешательства в гены. Когда-то Суини успешно изменил кое-какие гены мышей (а в 2011 г. — золотистых ретриверов), но можно менять не только такие разновидности генов. По словам ученого, ВАДА «беспокоится почти обо всех мыслимых средствах генной терапии, которые могли бы дать спортсмену конкурентное преимущество».

По самым последним подсчетам, в области движения выявлено уже более 200 генов, которые ассоциируются с улучшением качества спортивных выступлений. Об этих генах написаны целые тома[17] (хороший пример — «Спортивный ген»

Эпштейна). По современным данным, практически каждый из этих генов сам по себе, в отдельности, играет слишком небольшую роль, чтобы его стоило изменять с использованием нынешних технологий. Однако технологии редактирования генов (такие как CRISPR) развиваются стремительно, а значит, вполне может статься, что такое положение вещей когда-нибудь изменится. Между тем целый ряд «искусственных» генов уже сейчас находится в пределах нашей досягаемости — например, ген нечувствительности к боли, или ген, управляющий синтезом IGF-1, или еще один ген, чья мутация привлекла внимание Суини: именно об этой мутации шла речь в начале этой главы, когда мы упомянули о необычном немецком младенце. Он родился с такими могучими мускулами, что пресса окрестила его «Супермалышом». Эта мутация воздействует на синтез миостатина — вещества, о котором пока мало что известно, хотя оно оказывает на организм очень мощное влияние.

* * *

Именно миостатином занимается Сицзинь Ли, специалист по биологии развития, работающий в Университете Джонса Хопкинса: тот самый, который упорно не отвечал на мои звонки. Этот неизвестный науке белок, содержащийся только в мышцах, Ли открыл в начале 90-х — примерно в то же время, когда Суини начинал исследования дистрофина[18].

Как выяснили Ли и его аспиранты, роль миостатина в организме состоит в том, чтобы подавлять рост мышц. Если IGF-1, вещество, которое изучал и на которое воздействовал Суини, представляет собой педаль газа для мышечного роста, то миостатин служит тормозом. Без этого вещества мышцы растут без ограничений, зачастую достигая размера, как минимум, вдвое превосходящего нормальный. Как выяснилось, в природе встречаются мутации, которые, судя по всему, «выключают» соответствующие гены у животных. Вскоре после того, как Ли и его группа вывели таких огромных безмиозиновых грызунов, что пресса окрестила их «мышами-гигантами», эти же ученые выявили сходную природную мутацию у породы супермускулистых коров под названием «бельгийская голубая». Еще одна команда исследователей обнаружила миостатиновую мутацию у одной из пород гончих, представители которой при беге развивают скорость до 35 миль в час [около 56 км/ч]. Собаки с двумя копиями дефектного гена были чересчур мускулисты и не годились для соревнований. Но особи с одной копией, похоже, обладали как раз оптимальной мышечной массой: они нередко становились чемпионами.

Не прошло и двух лет после открытия Ли, как с ученым

связались врачи из одной берлинской больницы. Им показалось, что они сумели выявить первого новорожденного человека с такой мутацией. Именно этого младенца потом назовут «Супермалышом».

«Если вы берете на руки обычного младенца, вы ощущаете что-то мягкое, потому что у маленьких детей большая жировая прослойка, — объясняет Маркус Шульке, педиатр-невролог, осматривавший этого ребенка вскоре после рождения, когда медсестры заметили, что у новорожденного происходит необычное дрожание конечностей. — Но у этого младенца было твердое тело. На ощупь оно напоминало одну большую мышцу,».

В свое время Шульке прочел работу Ли, где тот описывал свое открытие. В 2004 г. эти два исследователя совместно с несколькими другими опубликовали в New England Journal of Medicine статью, где подтверждали: у ребенка наблюдается миостатиновая мутация. В прессе поднялся ажиотаж, очень расстроивший семью, где родился младенец. Некоторые критически настроенные авторы требовали, чтобы его не названная в статье мать, о которой сообщалось, что она является профессиональным спринтером, вернула все свои медали. Сегодня Шульке отказывается раскрывать какую-либо информацию о текущем состоянии мальчика: после шумихи в СМИ семья попросила врача больше никогда не сообщать о ней никаких сведений. Однако родители самого, вероятно, известного общественности «супермалыша» в США (во всяком случае, из тех, чье имя не скрывается) все-таки по-прежнему не отказываются беседовать с журналистами.

Мичиганцу Лайаму Хёкстре, мальчику, с которым мы познакомились в начале главы, сейчас, когда я это пишу, девять лет. У него рельефный пресс, и его спина так и бугрится мышцами. Он играет в хоккей, и ему нравится борьба (по словам его отца Нила). И хотя мальчик не очень-то успешно сражается с соперниками на хоккейной площадке, его сила, судя по всему, дает ему явное преимущество на борцовском ринге, где он способен одолевать противников, даже не зная традиционных и общепринятых приемов. По словам отца мальчика, Лайам также может гораздо дальше бросать и отбивать бейсбольный мяч, чем его сверстники. Да и на школьном дворе его мышцы приносят пользу. Нил не без гордости рассказывает, как Лайам недавно «завалил» парня постарше, который приставал к его друзьям.

Врачи пока не сумели выяснить, какая же конкретная мутация вызвала такое усиленное развитие мышц Лайама. Но Суини, Феррелл (анализировавший ДНК мальчика) и многие другие специалисты убеждены, что причина здесь, скорее всего,

именно генетическая. Если мутацию все-таки удастся выявить, это может проложить путь к разработке новых методов лечения — или новых методов накачивания для спортсменов, жаждущих побед, и просто для здоровяков, стремящихся увеличить свою мышечную массу.

Пока же для Суини и ряда других исследователей миостатин — в числе самых перспективных веществ, на которые можно оказывать целенаправленное воздействие, разрабатывая методики лечения заболеваний, связанных с атрофией мышц. Сейчас, когда я это пишу, несколько фармацевтических компаний уже проводят клинические испытания так называемых ингибиторов миостатина.

В 2011 г. Суини при помощи миостатиновой мутации вывел золотистого ретривера-«шварценеггера». А в 2015-м китайские ученые объявили, что при помощи технологии CRISPR получили гончих с мышечной массой, вдвое превышающей обычную. Этого удалось добиться, избавив их организм от миостатина посредством генетической модификации. Они сообщили, что намерены выводить собак и с другими мутациями, аналогичными тем, что вызывают человеческие заболевания, например болезнь Паркинсона или мышечную дистрофию.

Суини по-прежнему верит в эффективность IGF-1, но он занимается главным образом ингибированием миостатина, поскольку для этого нужно встраивать в организм меньше вирусных векторов, а значит, меньше вероятность, что организм даст на них нежелательную иммунную реакцию. Впрочем, в дальнейшем ученый еще может вернуться к IGF-1. Смерть Джесси Гелсингера, произошедшая в 1999 г., потрясла институт, где работал Уилсон, и исследователю на пять лет запретили тестировать его методики на испытуемых-людях. Но с тех пор медики нашли новые методы подавления иммунного отклика: в частности, для этого используются другие векторы (некоторые из них открыл сам Уилсон), а кроме того, применяются определенные стероиды: то и другое сдерживает воспалительные процессы на первой — самой важной — стадии лечения. Евросоюз впервые одобрил одну из методик генетической терапии в 2014 г. Сегодня, по некоторым оценкам, одновременно проходят более 2000 испытаний новых генетических методик лечения. Скорее всего, в будущем такие методики станут очень широко применяться для избавления людей от болезней. Пока же Суини и его коллеги пристально следят за этими испытаниями, чтобы определить, какие вирусные векторы наиболее безопасны и насколько далеко мы можем продвигаться по этому пути, не нанося вред пациентам.

* * *

Во время долгой поездки на машине из офиса Суини обратно в Нью-Йорк я размышляю о собственном генетическом составе. В детстве я занимался игровыми видами спорта. Был момент, когда я мечтал стать профессиональным бейсболистом. В старших классах я даже несколько месяцев выступал за школьную футбольную команду, но, к сожалению, оказался слишком мал для своих 14 лет. Поэтому одно из самых ярких моих воспоминаний — как однажды я героически встал прямо на пути у гигантского переростка-фулбека по имени Джон Бёрк после того, как защитник-распасовщик отдал ему мяч. Я всерьез намеревался его уложить, несмотря ни на что. Когда Бёрк, словно асфальтовый каток, прокатился надо мной, я обхватил его за лодыжки, словно беспомощный лилипут, вцепившийся в Гулливера. Бёрк протащил меня за собой как минимум ярдов тридцать (возможно, даже не заметив), а потом свалил меня — в виде совершенно деморализованной груды рук и ног — где-то к северу от пятнадцатиярдовой линии.

А вот если бы уже тогда открыли ингибиторы миостатина, все могло бы повернуться иначе. На мгновение я позволяю себе представить мир, где у меня имелась бы возможность играть роль Джона Бёрка, грозно нависающего над каким-то другим недоразвитым хиляком. Тут мне приходит в голову, что во времена, когда я учился в старших классах, стероиды уже были вполне доступны, как и зал с силовыми тренажерами. Но я даже не думал тогда поэкспериментировать с тем или другим.

И я прихожу к выводу: подобно Суини, мне вовсе не улыбается мысль о переписывании своего генома во имя обретения спортивной славы. Однако я мог бы отнестись к этому иначе, если бы такие мутации более непосредственно касались того, чем я зарабатываю себе на жизнь: если бы я, к примеру, мог с помощью генетической модификации улучшать способности к запоминанию или уровень интеллекта. Позже я узнал (мы об этом еще поговорим в дальнейших главах), что кое-какие недавние открытия предоставляют человеку эту соблазнительную и морально сомнительную возможность: не исключено, что скоро мы сможем корректировать собственные гены, улучшая память и мыслительные способности — и даже повышая уровень счастья.

Впрочем, по пути домой меня не покидает грустный образ этих детей, больных МДД, и их отчаявшихся родителей. Если, отыскав метод лечения этого недуга, мы заодно предоставим не очень-то многочисленным громилам возможность генетически модифицировать их мускулы — что с того? Это не слишком высокая цена и не слишком высокий риск. Вот почему работы

Суини и таких его коллег, как Сицзинь Ли, продолжаются полным ходом.

Генная терапия — не единственный способ «хакерского» вторжения в механизмы работы тела, направляющий их действие так, чтобы организм сам себя исцелял. В последние годы ученые начали исследовать другие разновидности методик, которые обладают столь же мощным преобразующим потенциалом. Эти методики нацелены на то, чтобы высвободить скрытые силы регенерации, изначально заложенные в наши клетки. Специалисты давно подозревали, что эти потрясающие силы в нас есть, но лишь недавно они начали понимать, как до них добраться.

Глава 3
Человек с волшебным порошком

Регенеративная медицина и попытки заново отрастить утраченные конечности

Всё началось постепенно. Он вполне мог даже не заметить этого слабого пульсирования в том месте, которое осталось от изувеченной мышцы его правого бедра. А потом это пульсирование стало чем-то более существенным. Некоторые вообще решили бы — такое невозможно. Однако капрал Исаак Эрнандес и в самом деле чувствовал, как его четырехглавая мышца становится всё сильнее и сильнее. Мышца росла заново.

Когда в декабре 2004 г. Эрнандеса привезли в отделение травматологии Армейского медицинского центра Брука (город Сан-Антонио, США), его нога, как он говорит, напоминала ему некое блюдо из ресторанчика KFC: «Знаете, когда вы откусываете от куриной ножки и становится видна кость».

В него попало, когда он шел по военно-воздушной базе, расположенной в пустыне на западе Ирака. Он прижимал к груди черно-лиловый 12-дюймовый телевизор. Пластмассовый прибор защитил его жизненно важные органы от осколков артиллерийского снаряда. Его товарищу, который нес стопку DVD, повезло меньше: он не выжил.

Врачи твердили Эрнандесу, что ему лучше сделать ампутацию. С протезом он станет подвижнее. И боли уменьшатся. Когда он отказался, из его спины извлекли часть мышц и вшили эту мышечную ткань в дыру, образовавшуюся в его бедре. Он делал, что мог, лишь бы этот метод сработал. Он крякал и потел, агонизируя в зале для физиотерапии, — с той же краснолицей решимостью, с которой он некогда выбрался из тренировочного центра базы: тогда он даже вылез на лестничную площадку (хотя медики уверяли, что его организм не мог бы с этим справиться) и, упираясь практически одними руками, пополз вверх, пока на одной из ступенек его ногу не скрутила мучительная судорога, после чего он обессиленно рухнул.

Впрочем, было известно, что после таких ранений не восстанавливаются. Артиллерийский снаряд вырвал 90 % мышцы его правого бедра, и сила этой ноги уменьшилась вдвое. Если удалить достаточно большую часть какой-либо мышцы руки или ноги, это почти равносильно потере конечности: шансы на регенерацию при этом столь же ничтожны. Организм быстро

включает режим выживания, закрывает рану рубцовой тканью и вынуждает вас хромать весь остаток жизни.

Эрнандес хромал целых три года, и он ясно видел, что его состояние стабилизировалось, но не улучшается. Снова зазвучали разговоры об ампутации. Он постоянно испытывал боли. И он начал терять надежду.

А потом Эрнандес посмотрел одну программу на канале Discovery Science — и всё изменилось. В выпуске рассказывалось о проживающем в Цинциннати ветеране Вьетнама по имени Ли Спивак. Кончик пальца ему когда-то отрезало винтом модели самолета. Брат Спивака, бостонский хирург, прислал ему пробирку с неким чудодейственным веществом и велел сыпать на рану. Братья назвали это средство «волшебным порошком». И не зря: кончик пальца отрос заново.

И тут Эрнандес вспомнил: когда он впервые попал в этот госпиталь, один тамошний доктор вроде бы обмолвился о каком-то экспериментальном лечении, когда можно «оплодотворить» рану и тем самым помочь ей зажить.

Доктора звали Стивен Вульф, и в феврале 2008 г., после того, как Эрнандес его нашел, он согласился использовать 19-летнего морпеха в качестве подопытного кролика. Вначале он подверг Эрнандеса еще одному изнурительному курсу физиотерапии, дабы убедиться, что пациент действительно довел рост поврежденной мышцы до возможного предела. Затем Вульф вскрыл бедро капрала и вставил туда тонкий, как листок бумаги, фрагмент, сделанный из того же материала, из которого изготавливается «волшебный порошок»: это была часть мочевого пузыря свиньи, и она играла роль так называемого внеклеточного матрикса (ВКМ). Затем он отправил юного бойца на еще один курс жестокой физиотерапии.

И вскоре стало происходить нечто удивительное. Мышца, которая, как решило бы большинство ученых, была навсегда утрачена, начала расти снова. Сила этой мышцы увеличилась на 30 %, потом это увеличение достигло 40 %, а через полгода — 80 %. Пришло время, когда этот показатель составил 97 %, а теперь он равен 103 % — по сравнению с тем, какова была сила мышцы до операции. За эти первые несколько месяцев масса этой мышцы Эрнандеса выросла на 11 % — и с тех пор продолжает увеличиваться. Сегодня он способен выполнять действия, которые попросту не мог делать раньше: например, плавно опускаться в кресло (а не падать на него), вставать на колени, ездить на велосипеде — или подниматься по лестнице без опасений рухнуть на ступеньки.

Два года спустя группа исследователей из Института

регенеративной медицины Макгоуэна при Питтсбургском университете добилась официального разрешения на проведение масштабных исследований на материале 80 пациентов, проходящих терапию в пяти лечебных заведениях. Предполагалось использовать такой же ВКМ для регенерации мускулов больных, которые потеряли не менее 40 % тканей той или иной группы мышц: такой уровень утраты тканей настолько губителен для функционирования конечности, что он зачастую вынуждает проводить ампутацию. Эрнандес первым вызвался принять участие в этом проекте. Он надеется вернуть своей мышце еще больше силы и снова встать в строй.

Если эти испытания пройдут успешно, они могут помочь радикально изменить методы лечения пациентов с катастрофическими повреждениями конечностей — и начать процесс, который, как надеются сторонники такого подхода, когда-нибудь «сделает ненужной всю протезную промышленность».

Кому-то могут показаться научной фантастикой приключения Хью Герра в царстве бионики и изыскания Ли Суини в области генной инженерии. Однако сегодня искусственное улучшение способности человека двигаться работает и на третьем рубеже, который во многих смыслах даже более фантастичен. В ведущих университетах США биоинженеры выясняют, каким образом использовать и развить природные таланты микроскопической армии клеток и сигнальных агентов, отвечающих за строительство и ремонт различных частей нашего организма. Обретая эти знания, они пытаются пойти еще дальше, чем Суини и Ли, которых, в сущности, заботило лишь вращение клеточных «регуляторов громкости», уже существующих в наших мышцах. Биоинженеры, работающие в области регенеративной медицины, стараются побудить клетки делать такие вещи, которые несколько лет назад казались совершенно немыслимыми и невозможными. В частности, речь идет о том, чтобы научиться восстанавливать раздробленные кости и разорванные мышцы, которые врачи обычно считают утраченными навсегда; или выращивать новые человеческие органы вне тела и затем встраивать их в пациента; или опрыскивать — ожоги стволовыми клетками из аэрозольного баллончика.

Кое-кому даже удалось сделать первые шаги на пути к отращиванию утраченных конечностей — подобно тому, как саламандра отращивает утраченный хвост. Отдельные специалисты пересаживают пациентам кисти рук, ступни, даже лица умерших доноров. Всё это намекает на то, что человечеству предстоит кардинальный сдвиг представлений о себе и своих

возможностях: не исключено, что когда-нибудь, в не столь уж далеком будущем, мы сможем заново отращивать органы или ставить себе новые так же легко, как мы меняем покрышки своей машины. Прогресс в этой сфере может совершенно изменить то, как мы воспринимаем собственное старение, и неизмеримо улучшить качество жизни миллионов людей.

Таких успехов удалось добиться лишь недавно, однако сама идея не нова. Ученые уже несколько столетий размышляют о таинственных механизмах, которые ограничивают регенерацию для одних видов и позволяют ей пышно расцвести у других. Саламандра может заново отращивать задние ноги, передние ноги и даже глаза. Омары умеют заново отращивать клешни. Некоторые черви способны восстанавливать утраченный мозг. Многие задавались вопросом: почему же человек не может делать подобные вещи?

К XVIII в. эти явления так хорошо описали применительно к низшим животным, что французский философ и сатирик Вольтер, отрезав голову улитке и пронаблюдав, как она преспокойно отращивает новую, даже написал своему слепому другу, высказав предположение, что человек скоро разгадает эти тайны и научится проделывать то же самое.

И в самом деле на протяжении задокументированной истории человечества то и дело встречаются очень заманчивые указания на то, что эта способность, быть может, и вправду дремлет в нашем собственном организме, словно бы поджидая, пока ее откроют, изучат и обратят нам на пользу. Экспонат номер один — печально знаменитая разновидность раковой опухоли, обнаруженная, в частности, у велогонщика Лэнса Армстронга (это самый известный пример), но описанная еще у античных авторов. Это странное новообразование носит название «тератома» (от греческих слов, означающих «распухшее чудовище»). Большинство опухолей состоит лишь из клеток одного типа, однако тератомы часто развиваются в целую мешанину из многих типов клеток и многих тканей, образующих огромное вздутие устрашающего вида. В этом вздутии могут содержаться кусочки костей, мышечные волокна, хрящевые включения, различные телесные жидкости, клочья волос, молочные зубы. Такие опухоли могут пульсировать из-за того, что в них имеются фрагменты сердечной ткани, или подрагивать из-за того, что в них есть жировая прослойка. Тератомы встречаются сравнительно редко. Обычно их находят в яичниках или семенниках, но иногда они возникают в шее, сердце, печени, желудке, спинном мозге и даже под бровью.

Картина совершенно ужасающая: представьте себе эту

зубастую опухоль, пульсирующую своей сердечной мышцей. Однако на протяжении десятилетий и даже столетий тератомы служили, вероятно, самым интригующим доказательством того, что где-то в наших клетках дремлет тайная способность в любой момент превращаться в неограниченное количество разнообразных тканей и клеточных типов. Казалось, это открывает безграничные возможности: требовалось лишь найти способ обуздать эту способность. В конце концов, если мы сумеем целенаправленно выращивать у себя под бровью или в собственном желудке опухоль, состоящую из кожи, молочных зубов и комков волос, логично предположить, что и наш организм, если дать ему необходимые инструкции, может вырастить нам в нужном месте новую ногу или даже новую голову. Разве не так?

Ученые, медики, философы веками ломали голову над этими загадками. Каким образом саламандра заново отращивает хвост? Как тератома появляется у взрослого человека?

И кстати, как капрал Исаак Эрнандес сумел заново отрастить мышцу ноги, хотя врачи уверяли его, что эту мышцу он утратил навсегда, и 99,9999 % всех прочих докторов мира наверняка посоветовали бы ему не мудрить и соглашаться на ампутацию?

* * *

В поисках ответов на эти вопросы я полетел в Питтсбург, чтобы встретиться с человеком, который в середине 80-х разработал методику регенерации мышц при помощи мочевого пузыря свиньи. Этого стройного, общительного ученого зовут Стивен Бадилак. Мы сидим с ним рядом в машине и едем по Питтсбургу в морозный зимний день. Мы возвращаемся с лекции, которую он только что прочел в главном кампусе Медицинской школы Питтсбургского университета студентам-медикам и сотрудникам.

Мы следуем по сурового вида улицам, плотно уставленным таунхаусами, катим по дороге, которая вьется вниз по холму, окаймленному деревьями, и наконец останавливаемся перед сверкающей офисной башней, откуда открывается вид на реку Мононгахила и на крутые лесистые холмы на другом ее берегу. Просторные лаборатории Бадилака располагаются в недавно выстроенном пятиэтажном корпусе из стали и стекла стоимостью 21 млн долларов: здесь находится штаб-квартира Института регенеративной медицины Макгоуэна — одного из ведущих мировых центров, работающих в этой новой области, которая сейчас развивается так стремительно.

Когда мы усаживаемся в его кабинете, я наконец задаю Бадилаку тот вопрос, с которым приехал к нему. Я почти не

стараюсь замаскировать свой скептицизм. На этот вопрос он отвечал уже миллион раз. Этот вопрос годами то мучил, то зачаровывал, то озадачивал, то направлял его работу. Я уже всё знаю насчет миостатина, генетики и даже сигнальных агентов вроде IGF-1. Но (спрашиваю я) каким образом, скажите на милость, можно регенерировать мышцы при помощи куска мочевого пузыря свиньи? Бадилак устало улыбается (долгая практика явно научила его терпеливо реагировать на подобные вопросы) и с готовностью признаёт, что эта идея кажется дикой — настолько дикой, что он годами «старался не обсуждать ее с врачами-клиницистами».

«Они не доверяли результатам, которые я получал, — говорит он. — Как и большинство остальных людей».

В открытия Бадилака всегда было очень трудно поверить тем, кто сталкивался с ними впервые, не просто из-за того, что ученый заявляет: каким-то образом он сумел регенерировать человеческие ткани с помощью клеток, принадлежащих другому биологическому виду, хотя такая процедура почти наверняка должна вызвать в человеческом организме иммунную реакцию отторжения. Бадилак настаивает: за какие-то месяцы его материал может реально трансформироваться, превратившись из простого куска мембраны, которая использовалась для сбора мочи (каким он кажется на первый взгляд), в любой тип поврежденной человеческой ткани — в мышцу, кожу, кровеносный сосуд. До недавних пор такое заявление выходило далеко за пределы общепринятых научных положений.

Самый большой скептицизм проявляли те, кто по долгу службы оценивал первые заявки Бадилака на гранты: ему хотелось получить финансирование, чтобы изучать это явление, и он обратился для этого в американские национальные институты здравоохранения еще в 80-е-90-е годы. Ответ экспертов был единодушным: «Это безумная идея. Она ни за что не сработает. Незачем даже пытаться сделать что-то подобное». И в самом деле, как это могло сработать?

Получению грантов не способствовало и то, что на протяжении многих лет Бадилак сам не мог дать убедительный ответ на этот вопрос — лишь указывая на тот очевидный факт, что такая методика, судя по всему, эффективна. Он признавал, что не в состоянии объяснить таинственные механизмы этих процессов. Он сам их не понимал. Да и вообще, начиная свои опыты, он даже не ставил себе задачу заново вырастить биологическую ткань.

Как часто бывает в современной науке, он открыл этот метод лечения случайно. Бадилак, в отличие от Суини, был скорее

практикующий врач, чем лабораторный ученый. Конечно, его изыскания в конце концов неумолимо увлекут его (как и исследователей, с которыми мы уже познакомились) на амбициозный путь обратной инженерии человеческого организма. Но в самом начале он искал отнюдь не какое-то новое понимание, способное произвести переворот в науке. Поначалу Бадилак применял во многом такой же подход, что и юный Хью Герр. Он был прагматиком, и его куда больше интересовала непосредственно стоящая перед ним проблема сомнительных временных замен частей человеческого тела, чем раскрытие тайн природы.

Всё это началось (рассказывает Бадилак с лукавым блеском в глазах) с одной «дурацкой» идеи и с дворняжки по кличке Кремешок.

Тогда, в 1987 г., Бадилак только что поступил на работу в Университет Пёрдью — к Лесли Геддесу, весьма уважаемому специалисту по сосудистой биомедицинской инженерии. Парень из Индианы уже успел обзавестись некоторыми не совсем обычными для такой работы подробностями биографии. Окончив колледж, он захотел получить в Пёрдью диплом ветеринара, а потом стал заниматься практическим лечением животных до тех пор, пока не осознал: большинство хозяев домашних питомцев не могут себе позволить тесты, необходимые для диагностики тех заболеваний, которые его больше всего интересуют. Разочаровавшись и опасаясь, как бы работа ему не наскучила, Бадилак вернулся в Пёрдью, где получил кандидатскую степень в области зоопсихологии. Ему сделали несколько предложений насчет преподавания, но в итоге он все-таки решил поучиться в медицинском вузе.

Стивен Бадилак использовал свои связи, чтобы собрать часть денег на обучение. У себя дома он устроил лабораторию, где диагностировал лимфому у хорьков и рак груди у собак: его бывшие соученики-ветеринары посылали ему образцы тканей.

Когда Бадилак наконец вступил на стезю научной карьеры, вполне естественно, что он решил проверить одну гипотезу насчет пациентов-людей на подопытных животных, которых он знал лучше всего. В Питтсбурге хирурги впервые применили новаторскую экспериментальную процедуру для лечения страдающих сердечными заболеваниями — миопластику. Из спины больного вырезался пласт мышц, который затем оборачивался вокруг отказывающегося работать сердца пациента и периодически стимулировался для того, чтобы он помогал сжимать сердце и прокачивать кровь по организму.

Но у этой процедуры имелся существенный недостаток:

приходилось использовать синтетические сосуды, заменяющие артерию под названием аорта, а это часто вызывало иммунную реакцию, приводящую к воспалениям и образованию тромбов. Бадилак подумал: если он сумеет найти в самом организме пациента заменитель кровеносных сосудов, удастся избежать нежелательного иммунного отклика и тем самым решить эту проблему.

Однажды днем Бадилак подверг общему наркозу дружелюбную подопытную дворнягу по имени Кремешок, удалил часть собачьей аорты и заменил ее фрагментом той части организма, которая наиболее напоминала трубчатую структуру кровеносных сосудов Кремешка, — куском тонкой кишки пса. Бадилак не рассчитывал, что собака доживет до утра. Однако он предположил: если к утру животное все-таки не истечет кровью, это станет доказательством, что кишечник достаточно прочен, чтобы пропускать кровь, а значит, имеет смысл продолжать с ним экспериментировать.

Бадилак позже признавался, что это был «дурацкий» эксперимент, основанный на «идее, взятой с потолка»: сегодня проведение такого опыта никогда не разрешила бы никакая университетская комиссия по этичному обращению с животными. Даже в то время его ординатор третьего года, специализирующийся на сердечно-сосудистой хирургии, назвал эту идею «жестокой» и «смехотворной» и отказался участвовать в исследовании.

Но когда Бадилак вернулся утром на работу, дворняжка бодро помахивала хвостом, поджидая завтрака. Ученый постоянно ждал, что собака вот-вот умрет, но день за днем, неделя за неделей подопытная псина продолжала жить — и, судя по всему, отлично себя чувствовала.

«Я не хотел вторгаться в нее хирургическим путем и смотреть, как там обстоят дела: мне хотелось узнать, сколько прослужит этот фрагмент кишки», — объясняет Бадилак.

Вместо этого вторжения ученый повторил процедуру еще на 15 собаках. Шесть месяцев спустя Бадилак все-таки взрезал одну из них. Тогда-то, вспоминает он, ему и показалось, что «всё пошло совсем уж странно» Исследователь попросту не смог найти пересаженную кишку. Удостоверившись, что он выбрал именно нужное животное, Бадилак вырезал фрагмент ткани из той области, в которую он пересадил кишку, и затем стал рассматривать этот фрагмент под микроскопом. Увиденное ошеломило его.

«Я смотрел и думал: так не должно быть, — говорит Бадилак. — Это шло наперекор всему, чему меня учили в

медицинской школе».

Под микроскопом он по-прежнему мог различить следы своих швов. Но кишечная ткань исчезла. На ее месте заново выросла аорта.

«Никто никогда не перепутает кишечник и аорту, — отмечает Бадилак. — Микроскопическая картина у них совершенно разная. Я показывал это всем доступным специалистам, какие мне только могли прийти в голову. И всем задавал один и тот же вопрос: я действительно это вижу? Я не ошибаюсь, когда думаю, что вижу именно это?»

Кишечник состоит из мягких, гладких стенок с тонкой оболочкой, из которых торчат выросты, похожие на волоски: они называются ворсинками. Толстые стенки аорты состоят из мясистых полосчатых слоев ткани, характерной для мышц: из тех самых волоконец и нитей, которые столько лет исследует Ли Суини. В последующие недели Бадилак провел внутренний осмотр еще нескольких подопытных собак. Варьируя период, который позволял развиваться процессу лечения, ученый сумел снова и снова воочию наблюдать процесс трансформации кишечной ткани в сосудистую, тем самым доказывая, что это не какая-то случайность.

Так Бадилак сумел раскрыть тайну того, как Кремешок чудесным образом восстановился после операции (между прочим, собака прожила еще восемь лет). Но теперь перед ним встала гораздо более трудная задача: требовалось выяснить, почему это произошло.

Вначале ученый выдвинул следующую предварительную гипотезу. Возможно, организм изначально обладает способностью регенерировать ткани, но ее гасит естественный иммунный отклик, который проявляется в разного рода воспалительных процессах. Это объяснило бы, почему такая регенерация не происходит после операций, когда аорту заменяют синтетическими сосудами: таким операциям очень мешают воспаления.

Чтобы проверить свою гипотезу, Бадилак изменил условия эксперимента — так, чтобы (если он прав) в организме подопытного животного непременно возникла воспалительная реакция: он заменил часть аорты одного пса фрагментом кишки другого. Бадилак ожидал, что иммунная система собаки, которой пересадили этот материал, отторгнет его как чужеродный: на это место соберутся иммунные клетки, начнется воспаление, и регенеративная реакция окажется подавлена.

Но после того как Бадилак вшил кусок чужеродной кишки в аорту собаки, никакой воспалительной реакции не последовало.

Тогда ученый повторил эксперимент, на сей раз пересадив фрагмент кошачьей кишки в собачью аорту (какой позор для славного песьего племени!). Он был убежден, что уж это-то даст ожидаемый иммунный отклик. Однако его снова ждало потрясение: организм собаки принял такую пересадку без возражений.

К тому времени Бадилак уже понял, что он будет долго работать с тонким кишечником, а значит, ему понадобится много этого материала. Поэтому для следующего опыта он воспользовался кишками, полученными с одной из сотен свиных боен, разбросанных по сельской местности Индианы в окрестностях Пёрдью. В этом материале явно не будет недостатка, если окажется, что и его можно применять для таких трансплантаций.

И в самом деле подопытный пес бодро ждал завтрака наутро после того, как ему вшили фрагмент свиной кишки. И много дней спустя он тоже отлично себя чувствовал. С тех пор свиные внутренности стали одним из основных компонентов, используемых во многих медицинских лабораториях.

Бадилак пришел к выводу: в тонком кишечнике содержится нечто такое, что не только способствует регенерации, но и подавляет воспалительные процессы. Он вспомнил одну странную статью о регенерации печени, про которую он слышал в ветеринарной школе на лекции по патологии. Кажется, там говорилось, что, если вы отравите и разрушите все клетки печени, этот орган все-таки сумеет восстановиться, если в неприкосновенности останутся его «строительные леса» — так называемый внеклеточный матрикс. Но если разрушить данную структуру, организм просто создаст на этом месте огромное количество рубцовой ткани и никакой регенерации не произойдет.

И Бадилак начал снимать слои с тонкой кишки — один за другим. Его подозрения вскоре подтвердились: когда он ободрал все живые клетки, содержащиеся в слизистой оболочке кишки и во внешних мышечных слоях, оставив лишь тонкую, словно лист бумаги, прослойку внеклеточного матрикса, состоящего из соединительных тканей тонкой кишки (эта основа называется подслизистой оболочкой), с этим ВКМ регенерация проходила еще лучше.

Ученый уже начал мечтать о возможных областях медицинского применения этого таинственного материала. В течение опьяняющего первого периода после своего открытия (с 1987 по 1990 г.) он выяснял, до каких пределов простираются эти возможности. Он перешел от аорты, крупной артерии, к крупным

венам. Затем он обнаружил, что этот материал работает и при трансплантации его в небольшие вены. Наконец Бадилак опробовал свою методику на совсем другом компоненте организма: он вырезал собаке часть ахиллесова сухожилия и покрыл место разреза подслизистой основой, полученной из свиного кишечника.

Нормальная реакция организма любого млекопитающего на существенные повреждения — нарастить на этом месте рубцовую ткань, а не прибегать к более длительному процессу регенерации утраченного. По-видимому, этот вариант явно давал животным эволюционные преимущества: организм быстро удавалось «запечатать», изолируя рану от попадания смертельных инфекций. Опасные бактерии не могли попасть внутрь, и раненому удавалось выжить. Отчасти благодаря этому уцелел и наш биологический вид. Но у псов Бадилака не возникало никаких мощных шрамов на ахиллесовых сухожилиях, а значит, они были избавлены от постоянной хромоты. Вместо этого у них полностью отрастало сухожилие. Заново.

Чтобы по-настоящему разобраться в причинах загадочной регенеративной силы, которую таит в себе ВКМ, Вадилаку требовалось спуститься на клеточный уровень и понаблюдать, как отдельные компоненты ткани взаимодействуют друг с другом в реальном времени. Но когда он стал применять весь биохимический арсенал к анализу структуры ВКМ, ему показалось, что изучать тут почти нечего.

Уже тогда было известно, что внеклеточный матрикс — своего рода клей, который скрепляет ткань, или скорее клеточный скелет, на котором могут располагаться и действовать реальные машины наших биологических процессов — наши нервы, кости, мышцы. Этот каркас состоит из ряда наиболее гигантских белков организма — таких строительных блоков, как коллаген, ламинин и фибронектин. Все они сплетены воедино в сложную, неуязвимую с виду паутину, образующую своего рода подпорки, строительные леса. Почти никто не предполагал, что ВКМ — нечто большее.

Но в эту матрицу вплетен еще один класс природных белков — так называемые факторы роста. Эти белки способны стимулировать рост клеток, поэтому они показались Бадилаку многообещающими. Используя электронную микроскопию и биохимические методы, Бадилак и его коман да несколько лет анализировали их и выпускали статьи, где характеризовали некоторые из этих белков. Кроме того, они выяснили, что печень, мочевой пузырь, сердце и пищевод тоже относятся к потенциальным источникам материалов, выстроенных на основе

ВКМ. И они провели эксперименты, в ходе которых обнаружили еще одну важную особенность ВКМ. Когда Бадилак добавлял к некоторым известным видам бактерий, специально выращенным в чашке Петри, различные фрагменты матрицы, бактерии прекращали расти и размножаться. Складывалось впечатление, что таинственный материал, изучаемый Бадилаком, не только способен подавлять естественную иммунную реакцию организма, но и обладает собственными актибактериальными свойствами, которые делают такую реакцию ненужной.

Однако, несмотря на все эти достижения, Бадилак с готовностью признаётся, что истинный механизм целительной силы ВКМ по-прежнему ускользал от него, когда в 1996 г. он участвовал в серии встреч с представителями одной частной компании, которая выкупила у его университета право на рыночное продвижение этого материала, и с чиновниками FDA. На этих встречах обсуждалась возможность предварительного тестирования этих биологических подпорок на человеке. Несмотря на всю неоднозначность результатов опытов, Бадилак и его спонсоры все-таки сумели добиться одобрения FDA, так сказать, косвенным путем: их продукт походил на другие материалы, применение которых организация уже разрешила в качестве «строительных лесов» или «штопки» для человеческих ран, хотя эти материалы, как предполагалось, не обладают никакими регенеративными преимуществами.

После того как FDA разрешило такое тестирование материала, хирурги в самых разных регионах США впервые начали использовать его при работе с пациентами-людьми. Именно тогда Бадилак прозрел второй раз — опять же, благодаря счастливому стечению обстоятельств, которое он никогда не сумел бы устроить намеренно.

В 1999 г. Бадилак приехал в Лос-Анджелес, чтобы встретиться с одним из этих хирургов — Джоном Ирамурой. Этот специалист вживил ВКМ в плечо одному из своих пациентов, а спустя восемь недель тот снова попал к нему — для операции, никак не связанной с предыдущей проблемой. Удачное совпадение позволило врачам взять пробу ткани из области плеча, где проводилась первая операция, и на сравнительно раннем этапе узнать, что там происходит. Биопсия показала, что «строительные леса», введенные в плечо, исчезли — как и ожидалось. Однако их ждал сюрприз: на месте операции шел весьма активный процесс, и в эту область собиралось ненормально огромное число разнородных клеток.

Поначалу Бадилак пришел в недоумение. Он знал, что сама по себе матрица не может вызывать всю эту активность, ведь она

уже давно расщепилась. Потом он осознал, что дело тут в продуктах ее расщепления — возможно, какие-то молекулы с самого начала были связаны с этим каркасом и только ждали случая, чтобы освободиться. Бадилак начал изучать литературу в поисках ответов.

Скоро он обнаружил, что уникальный феномен ВКМ, вероятно, во многом можно объяснить присутствием компонентов, именуемых криптопептидами. Исследователи, работающие в других областях, уже успели выяснить, что эти пептидные фрагменты являются составными частями более крупных «материнских» молекул, и показать, что такие фрагменты могут высвобождаться и активизироваться при распаде материнской молекулы. Уже было известно, что эти криптопептиды обладают мощным антибактериальным действием и целым рядом важных сигнальных свойств и что в некоторых отношениях они довольно похожи на гормоны мышечного роста, о которых рассказывалось в предыдущей главе.

«Раньше почти все рассматривали внеклеточный матрикс просто как структурный каркас, как подпорку, которая позволяет вам стоять, поддерживает вашу тяжесть и скрепляет разные части тела вместе, — говорит Бадилак. — Но сегодня мы знаем, что на самом деле всё, можно сказать, наоборот. Главная функция структурных молекул вроде коллагена — содержать набор сигнальных белков и служить кладезем информации».

Вернувшись к микроскопу, Бадилак стал наблюдать, как армии крошечных клеток собираются на месте расщепления ВКМ: очевидно, их сзывают сюда определенные комбинации этих сигнальных пептидов. По своему количеству и характеристикам новоприбывшие не походили на клетки мышц, нервов или крови: они казались чем-то совершенно иным, совершенно необычным. Это были странно гладкие и округлые клетки. Бадилак понял, что подбирается к разгадке тайны.

В этих клетках он увидел нечто знакомое.

* * *

В апреле 1960 г., воскресным утром, молодой канадский ученый Эрнест Маккаллох ехал на своем потрепанном «додже» по улицам Торонто: ему хотелось заглянуть в свою лабораторию (в Онкологическом институте Онтарио), чтобы проверить, как там его мыши.

Маккаллох, специализировавшийся на изучении лейкемии, еще в начале 50-х пристально следил за серией весьма интригующих экспериментов, благодаря которым ученые впервые предположили, что новая методика под названием «пересадка костного мозга» обладает чудодейственной целительной силой.

Изучая разрушительное воздействие ядерного оружия, специалисты к тому времени уже выяснили, что одно из основных последствий влияния радиации на человеческий организм — это, судя по всему, подрыв его естественной способности возобновлять запасы клеток крови. А это серьезнейшая проблема, поскольку скорость обновления этих клеток — одна из самых высоких среди всех типов клеток нашего тела: каждая клетка крови живет всего 120 дней. Работа красных кровяных телец (эритроцитов) состоит в том, чтобы переносить кислород, распределяя его по всей нашей сосудистой системе: задача колоссальная. В нашей кровеносной системе 25 трлн одних только эритроцитов, а значит, для обеспечения бесперебойного снабжения тканей и органов кислородом нам необходимо каждую секунду возмещать утрату 2–3 млн таких клеток.

Между тем другие типы клеток крови — тромбоциты, заживляющие раны, и лейкоциты (белые кровяные тельца), борющиеся с инфекциями, — обычно живут не больше одного дня.

Без вмешательства ученых, которые помогли бы пополнить запас утраченных клеток крови, организм лабораторных мышей, подвергнутых действию радиации, быстро теряет способность доставлять кислород тканям и органам тела, а также свертывать кровь в ранах, и животные погибают. Однако исследователи обнаружили: если заменить поврежденный костный мозг облученных мышей костным мозгом их здоровых собратьев, такие животные, похоже, волшебным образом выздоравливают. Казалось, эти клетки костного мозга становятся неотъемлемой частью процесса регенерации клеток крови.

Предприимчивые исследователи вскоре осознали, что в этом открытии таится возможность разработки методик лечения онкологических заболеваний. Если подвергнуть мышь со специально выращенными злокачественными опухолями воздействию достаточно мощной радиации, это облучение уничтожит и новообразования, и здоровые клетки костного мозга животного. Затем остается лишь заменить поврежденные клетки костного мозга здоровыми — методом трансплантации.

Хотя в то судьбоносное воскресенье уже было известно, что некоторые специалисты успешно продемонстрировали действенность этой методики, она еще считалась новинкой, и в связи с ней оставалось много вопросов, на которые пока не удавалось найти ответ. Каковы конкретные механизмы происходящих процессов? Почему именно костный мозг играет в них такую важную роль? Каковы темпы гибели клеток, подвергнутых облучению различной интенсивности? И какое

количество ткани костного мозга необходимо пересадить животному, чтобы его спасти?

Именно на такие вопросы решили попытаться ответить Маккаллох и другой молодой ученый по имени Джеймс Тилл, когда они в своей лаборатории облучили десятки подопытных мышей, чтобы убить клетки их костного мозга, а затем заменили эти клетки нормальными — взятыми из костного мозга здоровых мышей. Два исследователя разработали изощренную методику, позволявшую им точно подсчитывать, сколько клеток при этом погибает, сколько выживает, а сколько вырастает заново.

Но когда в то тихое воскресное утро Маккаллох ехал к себе в торонтскую лабораторию, мало кто мог предполагать, что он вот-вот навсегда изменит лик науки и заложит основы новой области — регенеративной медицины. Для этого ему понадобится лишь принять одно внезапное решение.

После облучения мышей Маккаллох и Тилл договорились подождать несколько недель, прежде чем извлечь у них бедренную кость и селезенку, чтобы провести изнурительные подсчеты количества выработанных клеток и оценить степень их здоровья. Однако любые следы таинственной регенерации успевали исчезнуть до того момента, когда экспериментаторы вскрывали большинство мышей, хотя воздействие какой-то формы регенерации было очевидным: здоровье мышей, прошедших трансплантацию костного мозга, явно улучшалось. Но до этого воскресенья прошло лишь десять дней после очередной пересадки. И тем не менее Маккаллох решил пожертвовать одной из мышей пораньше.

Вскрыв заднюю часть подопытного зверька, он поразился. В селезенке (органе, который играет центральную роль в выработке крови у мышей [и у многих других млекопитающих]) ясно различались обширные сгустки-включения, которых ученый не наблюдал у животных, вскрывавшихся после более длительного периода. Тщательно пересчитав эти включения, Маккаллох сумел выявить несомненную корреляцию между количеством клеток костного мозга, введенных в организм мыши, и числом этих странных сгустков в их селезенке. При помощи радиоактивных меток два исследователя вскоре сумели показать, что в каждом из этих вздутий полным-полно компонентов, являющихся биохимическими предшественниками эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. Как выяснилось, все эти предшественники берут начало от одной-единственной клетки, которая таилась среди тысяч других: вместе с ними ее ввели в костный мозг подопытной мыши.

Эти необычные клетки назвали стволовыми[19].

Маккаллох сумел поймать взглядом трудноуловимый призрак, о существовании которого давно догадывались ученые: они просто никогда раньше не могли выделить его в чистом виде. Вместе с Тиллом он доказал, что стволовые клетки действительно существуют. Два исследователя тут же дали им определение. Маккаллох писал: стволовые клетки — отдельные клетки, еще не прошедшие специализацию (недифференцированные), которые способны в процессе деления порождать различные специализированные клетки. Организму мышей, подвергнутых трансплантации костного мозга, эти клетки позволяли регенерировать кровь — в количествах, необходимых для того, чтобы выжить.

Позже ученые обнаружат, что именно свойства стволовых клеток объясняют невероятные способности злокачественных тератом (этих «распухших чудовищ») при своей дифференциации превращаться в зубы, волосы, кожу. Именно стволовые клетки позволяют саламандре заново отращивать конечности.

В ткани плеча, часть которой хирург Джон Итамура извлек из организма своего пациента для проверки, именно стволовые клетки занимались регенерацией мышц. И именно благодаря этим клеткам Стивен Бадилак наконец начал понимать, откуда берется таинственная целительная сила у материала, на который он случайно натолкнулся много лет назад.

Вперившись в окуляр микроскопа лосанджелесского хирурга и наблюдая, как целые полчища этих необычно гладких и круглых клеток сползаются к поврежденному участку мышцы, Бадилак осознал, что он сумел найти способ скликать армии стволовых клеток, открытых Маккаллохом и Тиллом, в пораженные области мускулов — и тем самым (не очень понятно, каким образом) изменять характер механизмов исцеления, которые организм задействует «по умолчанию». Сегодня известно, что тип клеток, которые он научился звать на помощь, обычно обитает в костном мозге. И хотя это не самые гибкие и универсальные среди стволовых клеток (чемпионы по этой части — менее зрелые стволовые клетки, например, те, которые выращивают непосредственно из эмбриона и которые могут превращаться в ткань любого типа), их все равно относят к числу игроков-универсалов нашего организма: когда их позовешь, эти армии рабочих могут залатать почти любое повреждение и произвести многие из необходимых нам тканей. (Миостатин, который изучает Сицзинь Ли, подавляет рост мышц, в частности, из-за того, что он подавляет активность стволовых клеток.)

В 2003 г. Бадилак закрылся в лаборатории, чтобы со всей определенностью подтвердить свои предположения. Следуя по

стопам Маккаллоха и Тилла, он вначале облучил подопытных мышей рентгеном, чтобы убить все стволовые клетки в их костном мозге. Затем он вновь населил их кости стволовыми клетками — заранее помеченными флуоресцентным маркером. Когда он стал удалять мышам часть ахиллесова сухожилия и вводить ВКМ в эту зону, потребовалось всего несколько дней, чтобы этот участок заполнили флуоресцирующие стволовые клетки. Через несколько месяцев кое-какие из этих меченых клеток по-прежнему присутствовали в мышином организме, а значит, они успели специализироваться и войти в состав регенерировавшей ткани.

С тех пор специалисты из лабораторий Бадилака пытаются выделить те индивидуальные компоненты ВКМ, которые способны привлекать стволовые клетки. С помощью ферментов и активных веществ-детергентов (подобных тем, которые входят в состав моющих средств) они расщепляют материнские молекулы ВКМ и разделяют продукты этого расщепления на фракции (по различным свойствам — например, по их молекулярной массе). Затем Джанет Реинг, еще один исследователь, проводит количественный анализ получившихся фракций, используя устройство с множеством микроколодцев, каждый из которых закрыт фильтром, отделяющим его от общего канала. На дно каждого колодца она помещает ту или иную фракцию ВКМ. Вводя различные типы стволовых клеток в общий канал, она может наблюдать, какие из фракций сильнее всего притягивают к себе стволовые клетки.

На протяжении 2000-х гг. Реинг и другие специалисты постепенно уменьшали размеры этих фракций: вначале им приходилось изучать «супы», состоящие из тысяч различных молекул, но в ходе анализа удавалось выделять всё более мелкие и специфичные пробы, в итоге дойдя до отдельных пептидов. Как полагает сегодня Бадилак и его команда, некоторые из этих пептидов также отвечают за подавление процессов образования рубцовой ткани (еще одного естественного отклика организма), которые помогали нам выживать в эпоху до начала развития современной медицины: в ту пору одна-единственная рана могла привести к смерти из-за попадания в нее инфекции.

«Образование шрамов и рубцов оправдано с точки зрения эволюции, — отмечает Рикардо Лондоно, кандидат медицинских наук и доктор философии[20], работающий в лаборатории Бадилака. — До того как появилась современная медицина, всякий раз, когда человек получал [сколько-нибудь серьезную] рану, это почти всегда означало смерть — из-за потери крови и из-за инфекции. На протяжении миллионов лет эволюции

способность быстро закрыть место ранения стала важнейшим приоритетом. Образование организмом шрама — это просто быстрый, хотя и не очень аккуратный, способ наскоро залатать поврежденное место».

Последние пять лет Лондоно пытается разобраться в механизмах первичного иммунного и стволового отклика на введение в организм материалов, созданных на основе ВКМ. Так, он подметил, что после того, как ткань получила повреждение, уже поздно начинать с нуля подачу тех клеточных и молекулярных сигналов, которые требуются для запуска процессов регенерации и ремонта тканей. Он подчеркивает, что экспрессия [проявление активности] нужных белков и порождение нужных сигналов может занимать часы и даже дни. И природа придумала изящное решение: создала эти сигналы заранее, но зашифровала их.

«Это почти как доставка ядерных кодов на подводную лодку, — объясняет Лондоно. — Приказ уже поступил, но он зашифрован, и вам не позволено повернуть ключ, пока не возникнет реальная необходимость. Эти сигналы спрятаны в ВКМ — в форме криптопептидов. Каков метод шифрования? Пептиды включены в состав более крупных молекул, и активные центры этих пептидов физически недоступны для близлежащих клеток. Эти клетки попросту не могут прочесть эти сигналы».

Если оторвать от ноги человека огромный кусок (как это сделал артиллерийский снаряд, когда-то разорвавшийся возле капрала Исаака Эрнандеса на иракской базе), многие из этих закодированных сигналов попросту перестанут находиться в организме, так что он не сможет их расшифровать. Однако Бадилак обнаружил: если вы сумеете снова ввести эти сигналы на место повреждения в форме биоматериала, построенного на основе ВКМ, то организм сможет расщепить эту матрицу, расшифровать закодированное послание, которое в ней содержится, и затем вызвать в эту зону стволовые клетки, чтобы те занялись своим делом.

Стволовые и подобные им клетки позволяют объяснить многие процессы — не только загадочное исцеление, которое Бадилак наблюдал у пса Кремешка. Ряд исследований показывает: одна из причин, по которым миостатин (на который Суини пытался целенаправленно воздействовать, как мы видели в предыдущей главе) может ингибировать рост мышечной ткани, состоит в том, что он способен поддерживать стволовые клетки в «спящем» состоянии, тем самым подавляя механизмы самообновления организма, в которых они задействованы. А вот IGF-1 (вещество, которое Суини столь успешно использовал для

создания своих супермогучих мышей и собак), наоборот, способствует активной работе стволовых клеток.

Более того, стволовые клетки умеют заниматься строительством далеко не только мускулов. Если проследить в прошлом процессы развития любых типов биологических тканей нашего организма, вы обнаружите, что у истоков этих процессов неизменно стоят стволовые клетки. Стволовые клетки формируют наш мозг, наше сердце, нашу кровь, наши зубы. Они дают возможность объяснить, каким образом у нас растут кости.

Но откуда стволовая клетка знает, чем ей заниматься? Что определяет, чем она станет — частью кишечника Кремешка или компонентом новой мышцы? И как она превращается в часть внутреннего органа? И если уж на то пошло, как стволовые клетки создают нового человека? И насколько далеко мы можем продвинуться по пути, который открывают перед нами такие исследования?

На эти вопросы сейчас усиленно пытаются ответить многие из работающих в сфере биоинженерии — области, которая сегодня развивается очень стремительно. Среди таких исследователей — Гордана Вуньяк-Новакович, специалист сербского происхождения, действующая сейчас на переднем крае изучения процессов, с помощью которых организм выстраивает, лечит и регенерирует себя.

В 80-е годы, примерно в то время, когда Бадилак проводил свои первые опыты на Кремешке, Вуньяк-Новакович, получив Фулбрайтовскую стипендию, приехала из своей родной Сербии в МТИ, чтобы поработать в лаборатории еще одного пионера регенеративной медицины, человека, чье имя позже станет олицетворением области, которую назовут биоинженерией тканей. Речь идет о Роберте Лэнджере.

Эксперименты, которые Вуньяк-Новакович проводила вместе с Лэнджером и сотрудниками его лаборатории, позволили многое понять о естественных лечебных реакциях организма и о некоторых внутренних сигналах, которые управляют этими реакциями. Начав разбираться в этих сигналах, Вуньяк-Новакович и ее коллеги (в том числе и Бадилак) помогают науке ближе подобраться к той цели, которой очень долго не удается достигнуть человечеству: к обретению контроля над регенерацией тканей.

Ученые выясняют не только то, каким образом сзывать стволовые клетки в зону повреждения (как это делал Бадилак), но и как изолировать их и экспериментировать с ними за пределами организма. Специалисты постепенно учатся направлять деятельность этих клеток, обращая их в нужный тип ткани:

иными словами, они пытаются контролировать трудноуловимых призраков, которые порождают этих «распухших чудовищ», злокачественные опухоли, состоящие из мешанины волос, зубов и кожи. И в результате эти исследователи производят весьма примечательные продукты — не только мышцы, но и кожу, хрящи, кости.

* * *

Когда я прихожу к Вуньяк-Новакович в ее офис на двенадцатом этаже Клиники Вандербильта Медицинского центра Колумбийского университета (на манхэттенской 168-й улице), она вводит меня в зал-рефрижератор, полный разнообразных пробирок. Затем она достает из шкафчика кусок сердца, выращенный в лаборатории. Зрелище жутковатое: биологическая ткань словно бы бьется сама по себе.

«Стволовые клетки получают указания, как им действовать, руководствуясь составом питательных веществ, которые они получают, интенсивностью электрических импульсов, которые они на себе испытывают, уровнем кислорода, который в них поступает, и движениями, которые они чувствуют, — объясняет Вуньяк-Новакович. — Все эти факторы, в сочетании с физическими параметрами — измерениями — их окружения, показывают стволовым клеткам, в какой части тела они находятся. Нам нужно создать искусственную среду, которая всё это имитирует достаточно адекватно, чтобы в точности “инструктировать” клетки, что им делать».

Ветеринарное прошлое Бадилака отлично подготовило его к тому, чтобы он стал хирургом-экспериментатором, работающим в быстро развивающейся области биоинженерии тканей. В свою очередь, академическая специальность Вуньяк-Новакович очень помогла ей занять ведущее место в изысканиях на еще одном передовом рубеже науки: в сфере создания этих искусственных сред и отыскания способов контролировать их.

Когда в начале 80-х Вуньяк-Новакович работала в Белградском университете над своей диссертацией по химической инженерии, ей и в голову не приходило, что в дальнейшем она может заняться выращиванием частей тела. Тогда ей хотелось понять силы и движения, возникающие при взаимодействии в жидкости газовых пузырьков и крошечных твердых частиц. В ходе этих исследований требовалось применять математическое моделирование и проводить эксперименты в автоклавах. Было вполне очевидно, что результаты этих изысканий можно применить в отраслях, где важную роль играют процессы брожения: например, в пищевой промышленности, а также в производстве пенициллина и других антибиотиков. Для

этих опытов исследовательнице пришлось конструировать реакторы-автоклавы, где природные химические процессы можно было бы аккуратно воспроизводить и тщательно контролировать.

Молодую сотрудницу Белградского университета вскоре буквально зачаровали химические взаимодействия, идущие между молекулами в живых организмах. Этот интерес пробудился в ней как нельзя кстати. В 1986 г., во время своей работы в МТИ по фулбрайтовской стипендии, она привлекла внимание Лэнджера. Тот пытался разработать метод эффективной детоксикации крови больных и искал кого-нибудь, кто сумеет создать новые устройства для избирательного отделения лекарственных веществ от крови.

После того как Вуньяк-Новакович вернулась в Белград, она каждые два года снова прилетала в Бостон, а в промежутках постоянно поддерживала контакт с Лэнджером и его коллегами. В 1991 г., во время одного из ее визитов, межэтническая напряженность на ее родине переросла в гражданскую войну. «Мне стало ясно, что лучше уехать из Югославии», — говорит Вуньяк-Новакович. В конце концов ситуация на Балканах настолько обострилась, что в 1993 г. коллеги по МТИ, обеспокоенные судьбой исследовательницы, узнав, что срок действия ее визы вот-вот истечет, сумели добиться предоставления ей постоянной должности, которая позволила Вуньяк-Новакович остаться в США вместе с мужем и маленьким сыном.

Примерно в то же время Лэнджер объявил, что получил грант на нечто под названием «биоинженерия тканей», и осведомился, не желает ли она подключиться к этому проекту.

Лэнджер стоял на пороге создания одной из важнейших лабораторных методик в этой сфере. Вклад Бадилака в эти работы во многом сводился к исследованию сигнальных агентов, а одно из главных достижений Лэнджера в данной области состояло в том, что он сумел продемонстрировать: форма, архитектура и характер разложения материалов, встраиваемых в зону повреждения, также могут играть ключевую роль в процессах регенерации. Он сконструировал трехмерные подложки, своего рода каркас, который можно было засеять клетками-регенераторами, а затем поместить в тело человека без всякого вреда для него. Подложки направляли развитие появляющейся ткани, а синтетические материалы такого каркаса при этом постепенно разлагались в ходе биохимических процессов.

Когда в 1993 г. Вуньяк-Новакович начала полноценную работу в МТИ, ее первой задачей стало создание хрящей — гибкой соединительной ткани, из которой сделан нос и уши

(кроме того, она заполняет пустоты во многих суставных сочленениях). Кость жестче и не столь гибка. Мышцы мягче и сильнее растягиваются. В сравнении с этими тканями хрящи казались более доступным объектом для исследования процессов регенерации. Их гелеобразная ткань состоит из клеток всего одного типа. К тому же хрящевая ткань гораздо проще устроена с точки зрения структуры и лишена кровеносных сосудов, тогда как для выживания костей и мышц такие сосуды необходимы. Совместно с Лизой Фрид, еще одной молодой исследовательницей, Вуньяк-Новакович принялась искать способ искусственно вырастить эту «простую» ткань.

В то время специалисты по биоинженерии тканей, экспериментировавшие с выращиванием стволовых клеток вне тела, полагали, что основной метод такой культивации сводится к тому, чтобы снабжать эти клетки определенной смесью белков, минеральных солей и других питательных веществ по мере того, как они растут и созревают. Исследователи осознали: малейшее изменение состава этого питательного супа, который они вводят в подложку, оказывает очень существенное воздействие на клеточную культуру. Скажем, если чуть-чуть увеличить содержание кальция в смеси, это станет для стволовых клеток сигналом: превращайтесь в кость.

Однако Вуньяк-Новакович предполагала, что здесь действуют и другие факторы. Тогда она читала много работ по механобиологии [науке, изучающей биологическую реакцию клеток на изменение их «механического» окружения], и ее поразило, что многие физиологические системы (генетические, молекулярные, электрические, механические) взаимосвязаны самым неожиданным образом. Так, она отметила, что у пациентов, долгое время находящихся без движения на больничной койке, часто происходит ослабление костей и хрящей. Казалось, физическое движение необходимо для того, чтобы поддерживать эти ткани в нормальном состоянии. Исследовательница задумалась: может быть, развивающиеся клетки тоже чувствительны к движению? Но как это механическое явление, связанное с силами перемещения объектов (или отсутствием таких сил), влияет, скажем, на костную ткань на молекулярном уровне? Чтобы проверить гипотезу, Вуньяк-Новакович вместе с Фрид и несколькими студентами начали медленно вращать сосуды, где на подложках из биоматериалов росли колонии клеток. Вскоре они получили весьма вдохновляющие результаты. Движение и в самом деле, казалось, способствует росту этих клеток, причем довольно неожиданными путями.

«Мы обнаружили, что, если физический фактор [т. е. фактор движения] действует по отдельности, это помогает клеткам расти, и если действует фактор роста — тоже, — говорит Вуньяк-Новакович. — Но если правильно использовать их одновременно, возникает своего рода синергия: иными словами, два плюс два уже равняется не четырем, а девяти. При правильно подобранном взаимовлиянии этих двух факторов можно добиться колоссальных улучшений».

«Улучшения в структурной целостности намного превзошли наши ожидания», — добавляет она.

Но лишь через несколько лет Вуньяк-Новакович и ее коллеги сумеют полностью разобраться в динамике этих взаимодействий. Они обнаружат это явление в необычной среде — в космосе.

В 1996 г. ученые НАСА решили провести первые космические эксперименты с биоинженерией тканей — на борту Международной космической станции. Очевидными кандидатами на роль орбитальных экспериментаторов стали специалисты из МТИ — учреждения, с давних пор сотрудничающего с космическим агентством. Пионерские работы Вуньяк-Новакович и Фрид, проводимые в тщательно контролируемых и легко изолируемых биореакторах, казались идеальными для проведения в таких условиях.

Поскольку в НАСА точно не знали, когда стартует очередная экспедиция на МКС и когда образцы доставят обратно на Землю, Вуньяк-Новакович и Фрид разработали самую надежную схему эксперимента, какую только смогли придумать. Когда их предложение одобрили, они загрузили в биореактор фрагменты хрящевой ткани, прошедшей биоинженерию, и снабдили эту систему запасом раствора питательных веществ, который должен был смешиваться с кислородом и ежедневно разбрызгиваться над клеточной культурой. Всё это помещалось в ящике размером с небольшую микроволновку. И потом они отправили свою установку на орбиту.

Спустя четыре с половиной месяца ящик вернулся на Землю. Вуньяк-Новакович и ее коллеги были вполне уверены, что в итоге получилась необычно мощно выросшая клеточная культура — благодаря отсутствию гравитации (которая стала бы добавочной «силой сопротивления» в придачу к плавному и неспешному вращению, которому обычно подвергают биореактор при таких опытах). В конце концов, исследователям казалось, что эти условия отлично имитируют условия, в которых пребывает эмбрион, чьи клетки свободно плавают в подобии невесомости,

Однако Вуньяк-Новакович и Фрид с изумлением обнаружили совершенно противоположный результат. Клетки вовсе не

процветали: они чувствовали себя гораздо хуже, чем обычно. Тогда-то исследователи и осознали: атрофию у пациентов, которые долго лежат на больничной койке (например, восстанавливаясь после операции), вызывает не недостаток движения, а нехватка «силы» — механической нагрузки, которая возникает как комбинация мышечного движения и гравитации, оказывая на клетки давление, направленное вниз.

«В те времена принято было считать, что в космосе всё лучше — мол, там нет гравитации, поэтому там всё работает эффективнее, — отмечает Вуньяк-Новакович. — А мы обнаружили совершенно противоположное. Результат очень интересный: помимо всего прочего, он объясняет, почему у астронавтов возникает целый ряд физиологических проблем — в частности, серьезная потеря костной массы и массы хрящей».

По итогам этих наблюдений Вуньяк-Новакович и ее коллеги опубликовали статью в весьма уважаемом академическом издании. Но главное — их эксперименты внесли существенные новации в технологию биоинженерии тканей, позволившие чрезвычайно повысить качество костей и хрящей, которые выращивала исследовательница. Она сконструировала поршень-плунжер, который плавно надавливал на ткань и на суп из химикатов, омывающий ее. Дальнейшие опыты показали, что лучше всего использовать метод переменного давления.

«Мы не бегаем весь день без перерыва, — объясняет Вуньяк-Новакович. — То же самое касается ходьбы. Время от времени мы садимся, а потом опять идем».

Подобно многим другим биоинженерам, начинавшим свои опыты до нее (в том числе и Хью Герру, который позже будет работать на другом конце того же кампуса и в конце концов откроет институт биоинженерии вместе с Робертом Лэнджером, с которым она когда-то проводила совместные исследования), Вуньяк-Новакович начала осознавать, что наиболее эффективный подход — «биомиметический», т. е. воспроизводящий природные условия.

«Во всей нашей области долго считались главными молекулярные факторы, — говорит она. — А потом наступила эпоха биоматериалов, и многие решили, что идеальный биоматериал должен быть инертным, то есть он не должен ничего делать [не должен вступать ни в какие реакции]. Потребовалось много времени и усилий очень многих людей, чтобы мы поняли: биоматериалы должны сообщать клеткам, что им делать. Потому что клетки соприкасаются с ними, тянут за них, давят на них, ощущают их. И мы начали думать, что идеальный биоматериал — тот, который выглядит и работает как нативная [природная]

матрица тканин

Этот же урок Бадилак в конце концов усвоит применительно к своим подопытным собакам. Если он слишком сильно ограничивал их движения после ввода ВКМ, собачий организм оказывался не в состоянии заново отрастить вырезанный участок ахиллесова сухожилия. Как выяснилось, внеклеточный матрикс даже после того, как его помещали внутрь организма животного, нуждался в воздействии естественных условий (или подобных им), чтобы проявить свои волшебные свойства.

Еще в 90-х годах этот урок хорошо усвоила Лаура Никласон, постдок МТИ, работавшая вместе с Вуньяк-Новакович в лэнджеровской лаборатории. Никласон — пионер в области выращивания артерий. Первоначально ее основным инструментом были методики, с помощью которых она пыталась убедить стволовые клетки врастать в артерии. Для этого она помещала их в химические супы, идентичные по составу тем смесям, которые окружают эмбрион на протяжении различных стадий его развития. Но когда она стала экспериментировать с различными типами каркасов, удерживающих стволовые клетки на месте, она тоже сделала неожиданное открытие.

«Тогда считали, что, если вы хотите вырастить артерию, вам нужен очень прочный полимер, который не будет разлагаться, — говорит она. — Потому что артерии должны противостоять серьезным физическим нагрузкам, а если они разорвутся, это будет не очень-то хорошо для пациента, верно?»

Но когда Никласон попробовала применить такой подход, получавшиеся артерии оказывались слишком хлипкими и по виду очень отличались от настоящих. Когда же исследовательница стала пробовать каркасы с различными свойствами, разлагающиеся с разной скоростью, она с удивлением обнаружила, что подложки, которые разлагались быстрее всего, позволяли создать самые прочные и «реалистичные» артерии. Для решения проблемы вновь понадобилось посмотреть, как поступает природа, и сделать точно так же. Получалось, что без воздействия тех физических сил, которые появляются в системе, когда подложка быстро разлагается, артериям не хватало важнейших сигналов, подаваемых им средой и, очевидно, необходимых их клеткам для правильной адаптации к среде и для «калибровки» прочности артерии, которая строится из этих клеток.

По словам Вуньяк-Новакович, контролирование характеристик среды, в которой развиваются стволовые клетки, гораздо важнее, чем первоначально казалось ученым.

«Все эти факторы, в придачу к физическим параметрам их

окружения, показывают стволовым клеткам, в какой части тела они находятся, — подчеркивает исследовательница. — Нам необходимо создавать искусственную среду, которая всё это имитирует и направляет развитие клеток, чтобы те формировали нужные типы тканей в нужном месте и в нужное время».

В 2005 г. Вуньяк-Новакович перешла в Колумбийский университет и нацелилась на следующий научный рубеж — проблему сердечной ткани. Для исследовательницы биоинженерное создание здоровой ткани сердца казалось одной из самых сложных задач. Клетки сердца, лишившись кислорода, начинают погибать не позднее, чем через 15–20 минут: именно это происходит в организме, когда закупорка артерий приводит к инфаркту. В отличие от некоторых других тканей организма, сердечная не способна к нормальному самостоятельному заживлению. Организм просто закрывает омертвевший участок рубцовой тканью, оставляя на пути распространения крови постоянное препятствие, где не идут никакие биологические процессы, и тем самым ухудшая способность сердца перекачивать кровь. Такой шрам не только ослабляет всё остальное тело: его возникновение приводит к тому, что оболочка сердца истончается, а само оно увеличивается в размерах — и в конце концов отказывает.

Вуньяк-Новакович рассуждала так: если ей удастся создать ткань, которая сможет заменить эти отмершие клетки, в результате удастся «выбрать слабину» и поспособствовать предотвращению расширения сердца. Более того, если позволить новым сосудам врастать в этот участок, то можно привлечь сюда клетки-регенераторы, питательные вещества и кислород: в результате отмершую ткань, возможно, удастся разрушить и вывести из организма, закупоренные сосуды будут очищены, и освободится пространство для роста новых клеток. Возможность такого волшебного ремонта явилась исследовательнице одним прекрасным утром 2001 г. К тому времени она уже знала, с чего начинать. Как и в случае с хрящевой тканью, Вуньяк-Новакович обратится к самой природе в поисках тех улучшений, которые можно внести в биореакторы, чтобы убедить сердечные клетки расти.

Для нее одно из самых удивительных свойств сердечной ткани — то, что сердце является первым органом нашего тела, который начинает функционировать. Оно начинает биться уже через три недели после старта развития эмбриона: когда электрические сигналы из верхней части сердца распространяются вниз, по всем его клеткам, тем самым осуществляя деполяризацию клеточных мембран и заставляя

клетки подергиваться. В 2001 г. Вуньяк-Новакович задалась вопросом: что будет, если воздействовать на мышечные клетки сердца с помощью пульсации, которую порождает обычный медицинский кардиостимулятор? Может быть, именно такая пульсация окажется фактором, стимулирующим их рост? Чтобы выяснить это, она вместе со своей аспиранткой Милицей Радишич поместила сердечные клетки крысы на мягкую, эластичную подложку, залила специальной жидкостью и начала ритмическую стимуляцию клеток при помощи этого хорошо известного прибора.

Однажды утром, примерно через неделю, Вуньяк-Новакович пришла в лабораторию, извлекла клетки из сосуда и поместила их под микроскоп. Только она склонилась посмотреть, как в помещение вошла одна из ее постдоков, с грохотом захлопнув за собой тяжелую дверь лаборатории.

— Подожди, — сказала ей Вуньяк-Новакович. — Ты всё нарушила. Вся система трясется.

Она встала, заперла дверь, вернулась к микроскопу и обнаружила, что клетки по-прежнему находятся в движении. Они вовсе не «тряслись» от внешней вибрации — они бились без всякой посторонней помощи.

«Вначале это было нечто совершенно неорганизованное, диффузное: одна клетка здесь, другая — там. Но прошла всего неделя, и это уже было упорядоченное клеточное сообщество, которое начинало функционировать», — вспоминает Вуньяк-Новакович.

Более того, эта ткань настолько походила на обычную ткань сердца, что поначалу исследовательница даже решила, что перепутала результат инженерии с материалом контрольной группы. Она повторила эксперимент и отправила получившиеся культуры клеток коллеге в Швейцарию — на независимый анализ. Он не смог отличить друг от друга два образца сердечной ткани.

«Планка оказалась намного ниже, чем мы думали, — осознала Вуньяк-Новакович после эксперимента с кардиостимулятором. — Стало понятно, что не нужно так уж много для того, чтобы заставить клетки вести себя так, как вы хотите. Вам нужно лишь предоставить им стимулы, которые они привыкли получать в организме. А потом вы активизируете генетическую аппаратуру клетки, и тогда клетка сумеет кое-что распознать в той среде, где она располагается».

«В зависимости от конкретного сочетания этих факторов, которые очень часто меняются во времени и пространстве, определенные гены можно включать, а другие гены можно

выключать, — говорит исследовательница. — Результат может быть самым разным. Тут полный диапазон: от великолепного, когда клетка выполняет свою работу по регенерации ткани, до очень плохого, когда клетки погибают,».

Если вдуматься, подход Бадилака к регенерации мышц не так уж отличается от методов Вуньяк-Новакович и Лауры Никласон. Чтобы направлять деятельность стволовых клеток, Никласон и Вуньяк-Новакович используют рукотворные биореакторы, которые позволяют им тщательно контролировать ритмичное приложение силы и характеристики химического супа с его мириадами сигнальных агентов и питательных веществ. А Бадилак просто встраивает свои волшебные подпорки в зону раны и позволяет организму самому делать всю работу.

Теперь мы можем легко заметить, что в рукотворных биореакторах действуют те же факторы, что и в природном биореакторе Бадилака. Бедренная мышца капрала Исаака Эрнандеса выросла вновь не только благодаря тому, что Бадилак вставил биологические подпорки в уцелевшую после ранения ткань, и не только из-за того, что эти «строительные леса,» потом распались, высвобождая сигнальные агенты и тем самым сзывая стволовые клетки на это место. Мышца отросла еще и оттого, что Эрнандес, кряхтя и потея, каждый день упорно занимался физиотерапией. Всякий раз, когда раненый солдат позволял своей тяжести опуститься на эти стволовые клетки, он подавал им сигнал — такой же сигнал, какой Вуньяк-Новакович создавала искусственным путем, плавно опуская на подопытную ткань поршень своего биореактора, чтобы убедить эти клетки стать костью или хрящом.

* * *

Одна из самых желанных целей в регенеративной медицине — обретение способности создавать целые органы во всей их сложности, а не только отдельные их фрагменты.

Никласон — в числе исследователей, которые стремятся раздвигать возможности отрасли по этой части. Во время своего визита я прошел вслед за одним из ее постдоков в шкаф-холодильник, установленный в ее йельской лаборатории. Мой сопровождающий снял с полки стеклянную емкость. Внутри был не какой-то аморфный кусок сердечной мышцы, который показывала мне Вуньяк-Новакович: на сей раз не было никаких сомнений, что именно плавает в этом контейнере. Это была отлично сохранившаяся пара крысиных легких, взятая у реального животного и затем «обесклеточенная» («децеллюларизированная»).

Подобно тем, кто создает более простые ткани, при

производстве легких Никласон опирается на физические силы и на «химический суп», воспроизводя естественное окружение органа и убеждая стволовые клетки превращаться в процессе созревания именно в тот тип ткани, который нужен исследовательнице. Но в ходе своих экспериментов она быстро поняла, что наука пока еще не в состоянии предложить ей технологию, которая позволила бы сконструировать искусственный каркас, с достаточной степенью детальности воспроизводящий форму и архитектуру реального легкого — структуры, напоминающей по своей сложности и запутанности лабиринт с Минотавром. После того как мы вдыхаем воздух, он проходит по трахее, одиночному пути, который быстро ветвится на множество более мелких отростков, порождающих собственные веточки. Собственно говоря, в дыхательных путях наших легких имеются 23 «поколения» таких ветвлений и сотни миллионов воздушных мешочков [легочных альвеол] диаметром 200 микрон. Каждый такой мешочек наполнен капиллярами, которые поглощают кислород и насыщают им кровь.

«Если попытаться сделать полимер, где будут все эти штуки… — Никласон морщится, показывая, как непосильна столь колоссальная задача. — Сейчас просто нет такой технологии. Не существует — и точка. Мы этого не можем».

Никласон старается устроить так, чтобы за нее это сделала сама природа. После извлечения легких из тела мертвого донора она вымачивает их в смеси детергентов и концентрированных растворах солей, чтобы провести вымывание всех клеточных компонентов легких, с наибольшей вероятностью способных вызвать иммунную реакцию, когда их поместят в новое тело. Остается грубый каркас — нечто вроде волокнистого материала, который используется Бадилаком при регенерации мышц. Биохимические компоненты этой структуры в общем-то одни и те же у разных особей и видов. Но для Никласон, в отличие от Бадилака, на этих ранних стадиях эксперимента важна сложная архитектура каркаса, его точная форма. После очистки каркаса она опрыскивает его стволовыми клетками и помещает в биореактор, условия в котором должны воспроизводить те, в которых обычное легкое существует внутри тела.

«Через наши легкие проходит кровь, — объясняет она. — Поэтому мы придумали схему, где наши легочные ткани тоже подвергаются такому воздействию жидкости. К тому же мы позволяем им дышать, поскольку дыхание играет важную роль для развития легких. И с нашим "супом" мы тоже долго возимся. В итоге у нас имеются все три компонента — каркас, биореактор, питательная смесь».

Никласон пока не готова к тому, чтобы испытать эти легкие на пациентах-людях. Она отмечает, что пока никто не помещал такие искусственные легкие даже в тело подопытной крысы дольше, чем на день-другой. Исследовательница подчеркивает, что биоинженерные требования, ориентированные на человека, должны быть безупречны, поскольку мы предполагаем, что реципиент (получатель таких легких) будет потом жить еще много лет. Она вспоминает предостерегающую историю о том, как генетическая терапия убила Джесси Гелсингера и почти стоила карьеры Джиму Уилсону, когда-то работавшему вместе с Суини.

«Это как строительство Бруклинского моста, — замечает она. — Нужно заранее рассчитать, каким длинным и каким широким он будет, какую нагрузку он сможет выдержать. Сумеет ли он устоять под действием сильного бокового ветра, значительных перепадов температуры? Вы должны убедиться, что он удовлетворяет всем этим критериям, прежде чем позволите людям ехать по нему на машинах. А иначе они могут свалиться вниз, в Истривер».

Вуньяк-Новакович, когда-то работавшая вместе с Никласон, сейчас тоже занимается разработкой методов регенерации легких. Но она применяет иной подход. Она подчеркивает, что сегодня пациентов, нуждающихся в пересадке легких, в десять раз больше, чем доноров этого органа. Более того, 40 % донорских легких отторгаются организмом реципиента из-за дефектов или из-за тех повреждений, которые возникли в них при транспортировке.

Вместо того чтобы строить новое легкое с нуля, Вуньяк-Новакович и ее «легочная команда,» помещают эти поврежденные органы в устройство, которое они именуют «глубокий вздох». Внутри этой машины поддерживается высокая влажность. Здесь кровь (или какой-то из искусственных заменителей крови), насыщенная кислородом и питательными веществами, пропускается через этот орган так, чтобы имитировать реальные условия, в которых происходит естественное дыхание. Затем исследователи выискивают по всему органу поврежденные участки и формируют в этих местах здоровые тканевые центры — путем введения стволовых клеток, полученных на основе собственных клеток организма пациента. Эти стволовые клетки используются для регенерации определенных «карманов» легочной ткани. По мнению Вуньяк-Новакович и ее сотрудников, засевание легких всего несколькими новыми колониями стволовых клеток могло бы улучшить функционирование этого органа до такой степени, когда легкое, которое в противном случае было бы отторгнуто организмом реципиента, уже может

считаться достаточно хорошо функционирующим для последующей трансплантации — и, возможно, для спасения жизни человека.

«Мы ищем участки, которые могут быть сильнее всего повреждены, и пытаемся починить их, а не удалять всё подряд и затем проводить полное заселение клетками, — подчеркивает Вуньяк-Новакович. — Хирурги говорят нам, что в большинстве случаев дело обстоит так: если мы сумеем улучшить функционирование легкого на десять, пятнадцать, двадцать процентов, то нам, быть может, удастся достичь того порога, который позволяет безопасно пересадить этот орган реципиенту. А дальше организм уже сам сделает всё остальное. Это гораздо удобнее, чем начинать с нуля».

* * *

К 2007 г. неуклонно растущий список публикаций Бадилака успел наделать немало шума в регенеративной медицине, этой быстро развивающейся отрасли. Ученый завоевал весьма высокую репутацию в профессиональных кругах. Однако прочий мир его почти не замечал, пока в этом самом году необычное стечение обстоятельств не катапультировало его в публичную сферу.

За несколько лет до этого Бадилак познакомился с работающим в Бостоне хирургом по имени Алан Спивак, который подошел к нему после лекции о ВКМ, которую он прочел на ортопедической конференции в Атланте. Еще в 50-е годы, будучи студентом Кеньон-колледжа (штат Огайо), Спивак делал ампутации саламандрам и изучал, каким образом эти существа заново отращивают конечности. Затем последовала долгая и успешная хирургическая карьера. Но выступление Бадилака вновь воспламенило в Спиваке эту зачарованность процессами регенерации тканей, и Спивак уговорил Бадилака выпить с ним кофе. Вскоре хирург посетил лабораторию Бадилака, после чего присоединился к растущему числу исследователей, которые начали проводить свои собственные изыскания, касающиеся ВКМ.

К 2007 г. Спивак уже написал вместе с Бадилаком несколько статей — и даже основал компанию ACell для продвижения и продажи своего собственного варианта «волшебного порошка». Так что когда в том же году 73-летнему Спиваку как-то днем позвонил младший брат Ли, прося врачебного совета, бывший хирург отлично знал, как нужно действовать.

Ли, суровый ветеран Вьетнама, всю жизнь занимавшийся авиамоделированием, после увольнения с военной службы устроился в магазин «Увлечения и хобби». В тот день он помогал одному из покупателей починить большую модель самолета и во время разговора оставил ее работать на холостом ходу. И потом

он показал на что-то указательным пальцем, поднеся его слишком близко к вертящемуся пропеллеру. Лопасть винта аккуратно отсекла Ли кончик пальца — примерно полдюйма. Прежде чем позвонить брату, Ли остановил кровь, безуспешно пытался найти отрезанную часть пальца, побывал в больнице и даже записался на прием к хирургу, специализирующемуся на кистях рук: предполагалось, что пострадавший явится к нему в ближайший понедельник.

Хирург хотел снять кусочек кожи с бедра пациента и пришить его на поврежденный участок пальца. Но у Алана возникла идея получше. Он велел брату отменить визит к врачу.

«Там жутко расстроились, — вспоминает Ли. — Сестра в регистратуре сказала: у вас будут инфекции! У вас будут проблемы! Скорее всего, вы вообще потеряете кисть!»

Алан сообщил брату, что посылает ему пробирку с порошком, полученным из ВКМ, и рассказал, как лечить этим средством палец. И что же? Не прошло и двух недель, как кончик пальца чудесным образом отрос заново.

«Ноготь на этом пальце, похоже, растет быстрее, чем всё остальное в моем теле, потому что этому ногтю примерно четыре с половиной года, а остальному телу — семьдесят два, — сказал мне Ли некоторое время назад, объясняя, что он заметил: ему приходится подстригать этот ноготь чаще, чем другие. — Этот палец твердый на конце, но я отлично им всё чувствую и отлично им шевелю».

Когда в прессу просочились новости о том, что Ли сумел регенерировать кончик пальца с помощью таинственного средства, которое он именует «волшебным порошком» (и к тому же может доказать протекание этого процесса регенерации с помощью очень впечатляющих фотографий), журналисты просто сошли с ума. Публикации об этой истории, не говоря уже о самих снимках, всколыхнули воображение ампутантов всего мира — в том числе и капрала Исаака Эрнандеса. С тех пор прошло много лет, но Бадилак и сейчас ежедневно получает по несколько писем, авторы которых интересуются «волшебным порошком». (Алану Спиваку почти не пришлось разделить с ним эту славу: он умер от рака в мае 2008 г.) Похоже, работы Бадилака с регенерацией тканей наконец стали чем-то вполне мейнстримным.

История Ли Спивака вызывает искушение задаться вопросом: ученые показали, что они могут заново выращивать мышцы, кожу, сухожилия, даже целые органы, а как насчет частей тела, состоящих из множества различных тканей? К примеру, можно ли будет сделать так, чтобы Хью Герр сумел отрастить себе новую ногу взамен ампутированной?

На этот вопрос Бадилак и Вуньяк-Новакович пытаются ответить независимо друг от друга. В ходе этих исследований оба в разное время сотрудничали с еще одним специалистом, ведущим перспективные разработки в этой сфере, — с Дэвидом Капланом, возглавляющим факультет биомедицинской инженерии в Университете Тафтса. Каплан использует водонепроницаемый «рукав», сделанный из таких материалов, как силикон, резина, шелк. Это приспособление, которое он именует «биокуполом», может надеваться непосредственно поверх зоны ампутации, тем самым позволяя исследователю и его команде тщательно контролировать те условия, в которых происходит заживление раны (которое, как они надеются, в конце концов перерастет в полноценную регенерацию).

Работая с мышами и взрослыми лягушками, которые обычно не отращивают заново утраченные конечности и их части, Каплан и его коллеги применяют «рукав» для того, чтобы создать защищенную, богатую питательными веществами и водой, хорошо поддерживающую жизненные процессы среду, похожую на ту, которая окружает эмбрион в утробе. Среди прочих веществ Каплан добавил в эту смесь некоторые из пептидов, выделенных в лаборатории Бадилака, чтобы подавлять воспаления и образование рубцов. Более того, он довел до совершенства методы тонкого контроля влажности (чтобы рана не высохла и ее клетки не отмерли) и разработал новые типы гелей для регуляции внешнего давления. Он проводит эксперименты и с некоторыми другими внешними параметрами-стимулами, надеясь с их помощью вызвать полную регенерацию пальца.

Но вероятно, наибольшей мощью и наибольшим трансформирующим потенциалом среди всего, что Каплан добавляет в свой биокупол для того, чтобы побудить конечности отрастать заново, является нечто такое, что добыто не в лабораториях Бадилака или Вуньяк-Новакович, а у Майкла Левина, очень увлеченного своей работой биолога, возглавляющего Центр биорегенерации и биологии развития в том же Университете Тафтса. По мнению Левина, самые важные сигналы, необходимые для отращивания новой руки, ноги или даже головы, закодированы в разностях электрических потенциалов на внутренней и внешней поверхности мембраны каждой клетки.

Задействуя арсенал генетической инженерии и фармакологии, Левин управляет активностью особых белков («ионных каналов»), встроенных во внешнюю часть клеточной оболочки. Если в оболочку встраивается больше таких белков (полых внутри), это позволяет большему количеству

положительно или отрицательно заряженных ионов проникать во внутреннюю часть клетки или выходить из нее наружу. Это меняет разность потенциалов на границе клетки. Как заявляет Левин, когда мы меняем природную разность электрических потенциалов клеток в тех или иных зонах организма, это может иметь очень серьезные последствия: к примеру, таким путем можно включать и выключать важнейшие гены не только в самих этих клетках с добавленными рецепторами, но и в большом количестве их соседок, чрезвычайно чувствительных к электрическим сигналам, получаемым от всех клеток, которые их окружают.

И это не просто теория. С помощью таких методов в лаборатории Левина сумели заставить подопытную лягушку вырастить шесть ног, а червей — выращивать по две головы. Кроме того, они смогли добиться, чтобы организм головастика превратил часть своего кишечника в глаз. Воздействуя на организм различных животных, Левину нередко удавалось подстегнуть полную регенерацию отрезанного хвоста (который обычно у них не отрастает обратно), причем эти хвосты были укомплектованы и спинным мозгом. Ученый перепрограммирует опухоли, и они превращаются в нормальную ткань. Он убежден: настанет день, когда его методика позволит заново выращивать человеческие конечности.

Левин подчеркивает: электрические импульсы — среди тех универсальных сигналов, которые наш организм использует для контролирования того, как большие ансамбли клеток работают вместе, образуя органы и части тела различной формы и размера — ив различных местах. Расшифровывая и изменяя эти электрические сигналы, Левин надеется в конце концов получить возможность управлять этим процессом.

Применяя эту технологию вместе с биокуполом, чтобы изменять электрические сигналы в зоне ампутации, Левин и Каплан недавно продемонстрировали, что таким путем они могут заставить взрослую лягушку начать заново отращивать часть отсеченной конечности, причем в этом отрастающем фрагменте будут все нужные ткани, в том числе и кости.

«Обычный биоинженерный подход к отращиванию утраченной конечности сводился бы к тому, чтобы проводить, так сказать, микроменеджмент процесса: мол, я могу сделать клетки самого разного типа, а потом расположить их так, как это требуется для создания полноценно функционирующего органа, — говорит Левин. — Но для конечностей и подобных штук такой метод никогда не сработает: они слишком сложно устроены. Вместо этого мы пытаемся понять, как в естественных

условиях сами клетки решают, в какую форму им всем сложиться, как они это делают и откуда они знают, когда им остановиться?»

Сейчас Каплан и Левин пытаются провести регенерацию конечностей у мышей. Это труднее проделать, чем с лягушками: мыши — существа теплокровные. У теплокровных животных гораздо более высокое кровяное давление, так что для них довольно высок риск истечь кровью, если зона ампутации сразу же не будет покрыта рубцовой тканью. Кроме того, у теплокровных более стремительные метаболические процессы, а значит, такое животное с большей вероятностью может быстро погибнуть из-за инфекции, попавшей в рану. Поэтому естественная реакция их организма на такие повреждения — запустить мощную воспалительную атаку на инородные тела, а при подобной работе такой отклик тоже необходимо подавить. Из-за воздействия всех этих факторов особое значение приобретает каплановский биокупол. Сегодня исследователи применяют уже пятую его версию.

«Если кто-нибудь скажет, что намерен полететь на Луну без всяких аппаратов, пользуясь лишь силой своих мышц, вы вправе ответить — это невозможно, — заявил мне Левин. — Ведь так? Ладно. Но я не понимаю, какое мы имеем право решить, будто регенерация конечностей невозможна. Есть животные, которые это делают. Точка. Это явно возможно, поскольку мы наблюдаем, как это делают саламандры».

Промежуточный подход мог бы сводиться к тому, чтобы вначале дать клеткам, на которые мы хотим воздействовать, какое-то время поработать самостоятельно, без помех, а не пытаться вызвать полномасштабную регенерацию в зоне повреждения. В рамках отдельного исследования Каплан и Левин объединились с Вуньяк-Новакович, чтобы создать «логистическую матрицу», которая могла бы направлять развитие стволовых клеток, чтобы те развивались в ткани различного типа.

«Это как в конструкторе «Лего»: вы соединяете кирпичики и каждый из фрагментов, которые у вас получаются, обладает собственной биологической „личностью“, — объясняет Вуньяк-Новакович. — Он должен иметь какую-то форму, внутреннюю структуру, состав, механику. Чтобы получить нужные формы, можно применять 3D-принтер, а можно применять биокаркас, который вы заранее избавили от всех клеток, которые в нем содержались».

Вуньяк-Новакович уже показала, что она может регенерировать фрагменты тела, одновременно содержащие ткани различных типов. Она замечает, что такая методика могла бы пригодиться, например, недавно скончавшемуся кинокритику

Роджеру Эберту, если бы она появилась уже несколько лет назад. (В ходе лечения рака Эберту удалили большой фрагмент челюсти.) Исследовательница показала, что если перед операцией получить изображение нетронутой челюсти (или сделать снимок челюсти на другой — неповрежденной — стороне), можно выстроить на компьютере ее трехмерное зеркальное изображение. На основе этой картинки можно создавать строительные блоки из различных материалов, необходимых для формирования каркаса, состоящего из нескольких разных тканей: отдельно производить кости и хрящи, соединять их, подобно кирпичикам «Лего», а затем точно размещать их в том пространстве, где когда-то располагалась удаленная ныне челюсть.

«Уже сейчас такое становится возможным, — заявляет Вуньяк-Новакович. — Мы провели предклинические испытания на крупных животных, мы получили отличные данные, мы основали компанию, которая будет этим заниматься, и теперь продвигаемся к полноценным клиническим испытаниям».

Построение новой кисти руки остается «одной из больших задач».

«Это очень серьезная цель, и не всякий рискнет на нее замахнуться. Но я абсолютно уверен, что это реализуемо на практике, — говорит Левин. — В конце концов этот метод сработает».

* * *

2014 год. Чудесным весенним днем я прилетаю в Делрей-Бич (штат Флорида) и направляюсь в клинику хирурга-травматолога Эухенио Родригеса, в последние годы не раз попадавшего в местные новости и на страницы местной газеты благодаря своим медицинским достижениям. Родригес не ждет результатов бадилаковских испытаний: он уже начал применять новые технологии.

В 2011 г. один из пациентов Родригеса принес ему журнал (не научный, а самый обыкновенный) со статьей о методике Бадилака и попросил доктора опробовать на нем эту технологию. С тех пор (как сообщил мне Родригес по телефону, когда я впервые позвонил ему) хирург использовал ее буквально сотни раз.

Пока я еду из аэропорта к Родригесу и озираю окрестности, мне приходит в голову, что клиника этого хирурга расположена в идеальном месте для того, чтобы находить здесь пациентов для экспериментов по регенерации, подражающих природным процессам. В этот ослепительный флоридский день мой маршрут пролегает неподалеку от здешних пляжей. Останавливаясь у светофора в паре кварталов от пункта моего назначения, я

замечаю слева машину, к которой сзади прицеплена металлическая платформа на колесах. Обычно на таких прицепах перевозят гидроцикл, но на этот водитель погрузил четырехколесный инвалидный скутер, к проволочной корзине которого прикреплен сверкающий металлом ходунок.

И тут я понимаю, что все машины, которые я обгоняю, являют собой просторные седаны американского производства и управляют ими сгорбленные мужчины и женщины за восемьдесят.

Прочитав статью, которую порекомендовал ему отец одного из пациентов, Родригес связался с компанией ACell, которую когда-то основал Алан Спивак (сейчас Бадилак работает в ней директором по науке), и заказал немного внеклеточного матрикса.

Когда я прихожу в клинику Родригеса, он ведет меня по длинному коридору, и мы входим в смотровую. В кресле врача восседает Янси Моралес, 21-летний парень с детским личиком, в мешковатых красных шортах и фуфайке с надписью «Майами Хит»[21]. После того как мы обмениваемся рукопожатием, Моралес вытягивает правую ногу и демонстрирует зловещего вида шрам длиной в несколько дюймов на ее внутренней стороне, над коленом. Потом он показывает в середину бедра — чуть выше того места, где кончается шрам. «Именно здесь, — говорит Моралес, — один доктор провел линию маркером, показывая, где он намерен произвести ампутацию».

Моралеса привезли в больницу дня за два до этого. Его нога была «раздавлена, точно бабочка, торчала кость»: это произошло во время автомобильной аварии. После нескольких операций врач отправил к Моралесу медсестру, чтобы сообщить пациенту: они уже ничего не могут сделать, чтобы спасти его ногу.

«Я то и дело представляю себе, каково мне было бы без правой ноги, — говорит Янси. — Мне все время лезут в голову эти картинки, потому что мне же реально собирались ее отрезать, понимаете? Не стану врать, я тогда все-таки заревел».

Одна из медсестер перед этим видела Родригеса в местных новостях. Врачи связались с ним, и он осмотрел Моралеса. «Да, — сказал Родригес, — полагаю, что мог бы спасти его ногу».

Добившись отрастания части утраченной ткани ноги Янси с помощью ВКМ, Родригес снял кусок кожи с верхней части его бедра и вживил ее в рану, чтобы заполнить остальные пустоты. С тех пор Янси усердно занимается реабилитацией, нагружая свою новую ткань, чтобы помочь ей снова вырасти. По его словам, в некоторые дни она по-прежнему болит и распухает, когда он слишком усердствует. Но он, конечно, очень благодарен Родригесу, тут не может быть никаких сомнений.

«Он спас мне ногу! — восклицает Моралес. — Они собирались отнять мне ногу».

После этого разговора с Янси хирург приводит меня в еще одну смотровую. В кресле, окруженная родней, сидит Мерседес Сото, тридцатипятилетняя домохозяйка из венесуэльского Каракаса, у которой имеется второй дом в Майами. В 2013 г. Сото приехала во Флориду, находясь на 23-й неделе беременности: она планировала родить на территории США. Через две недели она слегла с острой инфекцией, у нее случились выкидыш, обильное кровотечение, а затем септический шок.

Врачи Майами ввели ее в медикаментозную кому и поддерживали ее существование с помощью специальной аппаратуры, качавшей кровь во все ее главные органы. Но циркуляция в крайних участках ее конечностей была весьма ограниченной. Когда пациентка наконец очнулась, ее ступня и некоторые части пальцев ее рук почернели от гангрены. Сосудистый хирург, работавшая с ней, проинформировала Сото, что намерена ампутировать всю ее ступню, сделав разрез на уровне лодыжки. Помогла случайность: одна из соседок Сото по Майами работала медсестрой в Делрей-Бич и рассказала ей о Родригесе.

Сидя в докторском кресле, Сото показывает мне на своем айфоне, как раньше выглядела ее ступня. Верхняя часть пальцев и передняя часть стопы угольно-черны. Подошва раздута и покрыта темно-зелеными гангренозными пузырями. Теперь ее ступня почти пришла в норму, хотя спасти пальцы не удалось — было слишком поздно. Сейчас она оканчивается прямоугольным выступом, красно-желтую кожу которого стягивают специальные зажимы. Родригес не оставляет попыток вырастить пальцы обратно при помощи ВКМ, но пока результаты не столь обнадеживающие, как он мог бы предполагать. Впрочем, посредством ВКМ удается заново отращивать фрагменты пальцев рук, которые Родригес также ампутировал.

«Указательный очень сильно вырос, снова появился ноготь, — отмечает хирург. — С пальцами ног вышло не так впечатляюще. Там ткани оказались сильнее повреждены. Но нам, по крайней мере, не пришлось ампутировать всю ступню».

Я не специалист, и мне кажется, что пальцы ног у нее словно попали в мясорубку: их почти полностью отсекло. Но когда Сото указывает на то место, где врачи собирались провести разрез для ампутации, становится очевидно, что случилось чудо: она проводит воображаемую линию по нижней части лодыжки.

Мне довелось много беседовать с Хью Герром, и я, мысленно представляя себе события того злосчастного похода, который он

вместе с Джеффом Батцером некогда совершил в безлюдные снежные пустыни Нью-Гэмпшира, с легкостью могу вообразить не столь счастливый конец для тех историй, которыми со мной поделились Моралес и Сото. И Джефф Батцер, и Хью Герр очень ярко (даже через несколько лет после случившегося) описывали, что это такое — первые дни после утраты конечности. Я не забыл их рассказы, и меня всякий раз охватывало острое чувство дежавю, когда кто-то из пациентов этой флоридской клиники вспоминал, как врач или медсестра с мрачным лицом подходили к их больничной койке и извещали их о необходимости отнять конечность. Когда человеку сообщают такую новость, время словно бы останавливается.

Но судьба Моралеса и других пациентов, с которыми я встретился в тот день, сложилась совсем иначе. Жизнь будущих жертв несчастных случаев тоже может сложиться иначе — если только технологии регенеративной медицины продолжат развиваться столь же стремительно. Конечно же, пока эта отрасль делает лишь первые шаги. Но уже сейчас ясно, что организм обладает значительными возможностями для самоисцеления, которые мы только начинаем открывать и понимать. И это вызывает еще больше вопросов.

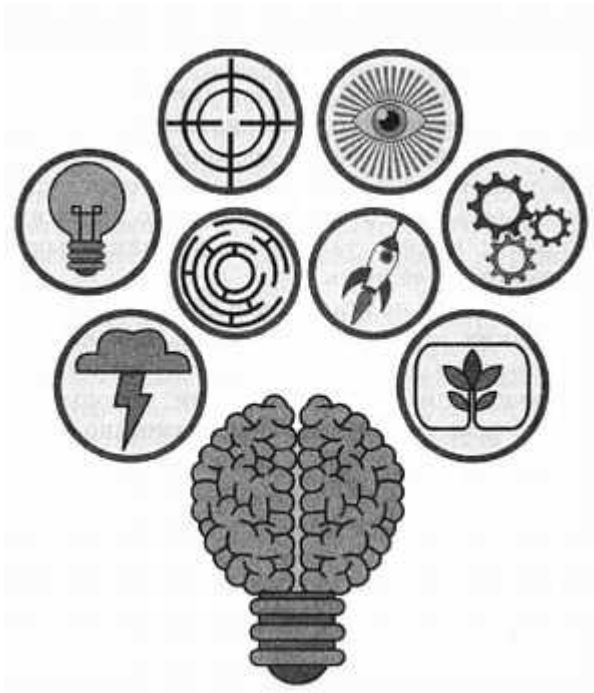
Если благодаря современной науке и биоинженерным методам мы научимся конструировать новые ноги, неотличимые от настоящих, перепрограммировать уже имеющиеся и менять их характеристики, даже выращивать себе дополнительные, — что еще мы сможем создавать? Какие другие — еще неведомые нам и не используемые нами — способности к регенерации, стойкому перенесению невзгод, преодолению привычных границ возможного таятся внутри нас, в других зонах нашего тела?

Иногда человек ограничен не в области движения, а в чем-то другом. Иногда человек утрачивает способность нормально воспринимать окружающий мир. Чем мы могли бы помочь таким людям?

Часть II
ВОСПРИЯТИЕ

Глава 4
Женщина, которая видит ушами

Нейропластичность и обучающие таблетки



Последнее, что увидела 21-летняя Пэт Флетчер перед взрывом: стальной резервуар с химикатами, стоявший рядом с ней, вдруг вспучился. Она с тревогой осознала, что пластмассовый шланг у нее в руке внезапно стал чересчур горячим. Потом весь мир ослепительно-ярко вспыхнул — и засиял голубым: именно такого цвета были языки пламени, которые охватили ее тело.

Очнувшись, Пэт подумала, что ей всё это снится: темный мир без всяких отличительных черт, как если бы она заблудилась в сером дымном тумане. Это отчасти объяснялось успокаивающими и обезболивающими, которыми ее накачали, а также тем, что ее лицо было замотано толстым слоем бинтов. Но вскоре к ее койке подошел мрачный врач. И Пэт узнала, что дело не только в этом. Она пострадала при несчастном случае на производстве: Пэт работала на военном заводе, выпускавшем гранаты. Причиной инцидента стала реакция между двумя летучими веществами.

Она лишилась одного глазного яблока. Второй глаз уцелел, но оставался постоянно закрытым. Доктор сказал Пэт, что ей еще повезло: она могла вообще не выжить. Но он добавил: она больше никогда не сможет видеть, никакой надежды нет.

Доктор ошибся — хотя на то, чтобы подтвердить эту ошибку, ушло почти три десятка лет. Через 25 лет после аварии, изменившей ее жизнь, общительная седовласая жительница Баффало (штат Нью-Йорк) бродила по Интернету с помощью софта, который превращает письменную информацию в звучащую, и вдруг наткнулась на программу, разработанную одним голландским инженером. Ее создатель утверждал, что эта программа (он назвал ее «vOICe», именно так записав английское слово, означающее «голос») способна преобразовывать пиксели изображений в звуки, тем самым позволяя слепым «видеть» окружающий мир. Пэт усомнилась в этом. Она лишь хмыкнула, когда послушала предлагавшийся образчик «звукового пейзажа», неразборчивую мешанину из десятков нот, имеющих различную высоту и громкость и раздающихся одновременно.

А потом Пэт перешла к «картинке», изображавшей длинную деревянную изгородь с воротами, и решила послушать ее у себя в кабинете через пару стереодинамиков, прибавив звук. У нее захватило дух. С ее «мысленным взором» что-то происходило — что-то такое, что коренным образом отличалось от простого «слушания».

«Я повернулась и почти увидела эти ворота, стоящие поперек моего кабинета. И я вскрикнула: Господи, это еще что? — вспоминает Пэт. — У меня просто мурашки побежали по коже».

Возникшее ощущение казалось столь невероятным, потому что Пэт могла точно сказать: этот звук раздается «где-то там», вне досягаемости ее трости, стукающейся в те или иные окружающие предметы, вне досягаемости поводка ее пса-поводыря, который помогает ей находить дорогу вперед, — вне досягаемости ее осязания. По этой динамической какофонии звуков Пэт каким-то образом сумела получить представление о пропорциях ворот, об их форме, о том, где располагаются просветы между досками. Мир слепого часто описывают как глубоко клаустрофобный, поскольку всё, что такой человек может узнать и воспринять насчет форм и предметов, которые его окружают, резко обрывается на той границе, до которой могут дотянуться его пальцы. Но мир Пэт внезапно расширился.

«Но как звук может всё это сделать?» — изумилась она.

«Картинка ощущалась как совершенно реальная, — говорит Пэт. — Ограда с воротами, а вот здесь темнота, как будто ворота открыты… Это был настоящий шок. Казалось, ты просто можешь

пойти вдоль этого забора. Это меня очень, очень потрясло».

Пэт пошла в магазин и купила самую маленькую веб-камеру из всех, которые там продавались. Затем она прикрепила ее к бейсболке и подключила к ноутбуку. Включив эту систему, она вышла с ней в коридор своего дома и «осмотрелась».

«Я чуть на колени не упала от восторга, — признаётся она. — Я сразу могла определить, где стена, и потом я подошла к пластиковым жалюзи, дотронулась до них [оказалось, что они точно там же, где показывала система], я просто не могла поверить… Забываешь, как на самом деле выглядит мир».

Вскоре Пэт обнаружила, что может различать узоры на чашках: много лет она была лишена этой способности. С помощью своего нового зрения она блуждала по обоям в приемной своего дантиста. Она видела, как на деревьях шевелятся листья. Она видела лица, хотя они оставались расплывчатыми. Пэт заказала «шпионские очки» с камерой, спрятанной за крошечным отверстием, которое располагалось на уровне глаза, — и усовершенствовала свое приспособление. Она стала использовать эту систему каждый день. Выходя из дома, она по-прежнему брала с собой трость, но лишь на тот случай, если в электронном устройстве возникнут неполадки.

А потом, четыре года спустя, как-то днем произошло нечто еще более удивительное. Прежде, заглядывая в помещения или озираясь вокруг, она, по сути, словно бы смотрела на плоскую двухмерную фотографию. Она могла различить очертания дивана в гостиной или дерева на фоне неба, но она не в состоянии была ощутить глубину перспективы. А в тот день Пэт мыла посуду в раковине, сделала шаг назад, чтобы вытереть руки, и опустила взгляд вниз. Раковина всегда казалась ей просто квадратом. Но вдруг Пэт осознала, что новая система позволяет ей вновь обрести восприятие перспективы.

Пэт Флетчер поняла, что смотрит в глубину раковины.

* * *

То, что испытывала Пэт Флетчер, кажется чем-то невозможным — или, по крайней мере, каким-то изощренным трюком, который проделывает наше сознание. Ладно, пускай ее это убедило. Но это же не может быть реальностью: в конце концов, это совершенно противоречит общепринятым теоретическим положениям науки. Это совершенно противоречит здравому смыслу. Как можно «видеть» ушами? Как мозг, лишившись способности воспринимать перспективу, может спустя четыре года вновь обрести ее, причем словно бы совершенно внезапно, как если бы кто-то щелкнул выключателем?

Однако заверения Пэт Флетчер нашли подтверждение у

некоторых ведущих ученых мира. Несколько лет назад наша отважная искательница технологических приключений (ей было тогда уже 58) приехала в Бостон, чтобы пройти тестирование в Гарвардской медицинской школе. Нацепив свое самодельное устройство, она улеглась на длинный стол, который плавно вдвинул ее в тесную трубу МРТ (магнитно-резонансного томографа) — прибора, способного, помимо всего прочего, отслеживать количество кислорода, потребляемого различными участками мозга. Врачи, проводившие обследование, попросили Пэт послушать ее «звуковые пейзажи»-

У Пэт Флетчер по-прежнему не было глазных яблок, с помощью которых она могла бы смотреть на мир. Но когда она стала слушать свои «звуковые пейзажи», у нее внезапно ожили те участки мозга, которые ассоциируются с обработкой визуальных сигналов зрячими людьми (именно эти зоны обычно активизируются, когда мы обращаем взгляд на какой-то пространственный объект). А когда Пэт слышала нормальные звуки (например, если находившийся рядом экспериментатор позвякивал ключами), ее слуховая кора продолжала возбуждаться обычным образом. Иными словами, ее мозг как-то мог различать нормальные звуки и «звуковые пейзажи» — и перенаправлять сигналы от этих пейзажей в нужную область (в ту, которая занимается обработкой зрительных стимулов), даже если оба вида аудиосигналов попадали в ее уши одновременно.

Судя по всему, это подтверждает и серия дополнительных экспериментов, которые провели исследователи. Пэт Флетчер уже больше тридцати лет была слепа, однако теперь могла — в каком-то смысле — «видеть» ушами (и при необходимости одновременно слышать ими). Ее мозг изменил свою «схему подключения».

* * *

На протяжении столетий наука предпринимает огромные усилия для того, чтобы восстанавливать утраченную или ослабевшую способность наших органов чувств воспринимать мир. При этом изобретаются самые разные средства — от тех, которые сегодня кажутся нам довольно обычными и простыми (слуховой аппарат, спрей для носа), до более изощренных (кохлеарные [улитковые] импланты, улучшающие слух, лазерная кератопластика, улучшающая зрение). В конце концов, наши пять чувств (зрение, слух, осязание, обоняние, вкус) — это наши двери в окружающий мир, наша связь с другими людьми.

Десятилетиями ученые концентрировались на улучшении или каком-никаком ремонте внешней природной аппаратуры восприятия: наших глаз, ушей, носа, вкусовых сосочков — иначе

говоря, физических частей нашего тела, которые напрямую взаимодействуют с окружающим миром, впитывая сенсорную информацию.

Однако недавние достижения науки и техники предлагают человеку целый спектр новых устройств (подобных прибору Пэт, который дает «звуковой пейзаж»), коренным образом меняющих сами наши представления о том, как мозг обрабатывает те данные, которые мы получаем от окружающей нас среды. Можно даже предположить, что ученые, пытавшиеся улучшить человеческую способность воспринимать мир, десятилетиями упускали главное.

«Мы видим мозгом, а не глазами, — заявил покойный ныне нейрофизиолог Пол Бах-и-Рита, один из пионеров сенсорного замещения. (Этот его тезис получил очень широкую известность.) — Вы можете лишиться сетчатки, однако не потеряете при этом способность видеть, если ваш мозг не поврежден».

Головной мозг — вероятно, самая сложная в мире машина распознавания узоров и закономерностей. Сегодня мы начинаем понимать, что если мозгу предоставить достаточное время на «переориентацию», то он сумеет отлично осмысливать необычные и новые закономерности в сигналах, поступающих от органов чувств, гораздо лучше, чем ученым казалось раньше. Исследователи начинают обнаруживать: чтобы восстановить нечто очень похожее на зрение, нет необходимости имитировать именно тот характер электрических импульсов, которые человеческий глаз посылает в мозг. Чтобы глухой обрел слух, нет необходимости разбираться в ритме и характере импульсов, которые улитка нашей слуховой системы использует для расшифровки звуковых волн, попадающих во внутреннее ухо. В таких случаях не обязательно нужно чинить сломанные внешние части или заменять их идентичными, чтобы человек обрел ту или иную утраченную функцию.

Чтобы восстановить «зрение» пациентов или их способность воспринимать звуки, инженерам требуется лишь создать прибор, который преобразует сенсорную информацию [т. е. информацию, поступающую от органов чувств] в сигналы, которые могут передаваться в мозг определенным образом: сам характер этой передачи не должен меняться. Если дать мозгу достаточно времени, чтобы попрактиковаться, связи и биологические пути в нем начнут менять свою «схему подключения,»: при этом они могут постепенно научиться расшифровывать сенсорную информацию, поступающую от самых разных «средств доставки». Устройство, которое использует Пэт Флетчер, являет собой лишь

один пример такого подхода: сейчас появился целый новый класс технологий, использующих замечательную пластичность человеческого мозга. До недавних пор ученые полагали, что мозг во многом лишается этой пластичности после завершения определенных критических периодов детства своего носителя.

* * *

Летом 2002 г. Пэт Флетчер упаковала две большие спортивные сумки (одну с одеждой, другую — с оборудованием для получения «звуковых пейзажей») и поехала на такси в аэропорт Баффало. Она уже несколько лет пользовалась программой «vOICe». У нее уже не было собаки-поводыря: она не считала, что ей нужно держать на поводке такого помощника, ведь больше она в нем не нуждалась. У нее была трость и «звуковые пейзажи» — и она была вполне готова к выходу в свет.

Мрачная тень террористических атак 11 сентября еще висела над Соединенными Штатами, и в аэропорту металлодетектор, проверявший сумку с ее оборудованием, разразился тревожным звоном. Путешественницу тут же обступила толпа встревоженных охранников. Это задержало ее на полчаса с лишним.

«Они сами понимали, что я слепая, — говорит Пэт. — Но когда они увидели все эти провода, которые подключены к аккумуляторам в моей черной сумке с приборами, сразу очень занервничали. Я включила компьютер и показала им, как эта штука работает. Тогда они успокоились».

Пэт направлялась в Аризону на конференцию, посвященную «исследованиям сознания», где особый упор делался на новую область под названием «сенсорное замещение».

Там она узнала об устройствах, трансформирующих зрительные образы в электрические импульсы, подаваемые на язык: как ни удивительно, такие приборы («камеры для языка»), судя по всему, действительно работали. Она узнала о возможности создания прибора, который будет преобразовывать звуки в электрические импульсы, подаваемые на поверхность кожи, тем самым помогая страдающим острой глухотой вновь обрести слух. Но для других участников мероприятия мало какие технологии могли соперничать с самой Пэт Флетчер. Она оказалась в своей стихии. Она стала настоящей звездой.

На конференции Пэт выступила вместе с Петером Мейером, застенчивым голландским инженером, некогда разработавшим программу, которую она использовала в своем устройстве. Для нее это знакомство было вполне равнозначно встрече с Генри Фордом или Томасом Эдисоном. Да и для программиста эта встреча стала особенной. Мейер, худощавый человек с широким лбом, шапкой каштановых волос, мягкими карими глазами и

скромной улыбкой, почти десять лет на досуге занимался такими штуками у себя в гостиной, прежде чем изобрел нечто работающее. Среди всех, с кем он встречался лично, Пэт оказалась первым слепым человеком, который настолько регулярно носил прибор, использующий его программу. Результаты восхитили его не меньше, чем ее.

В перерывах между заседаниями они бродили по кампусу близ конференц-центра и беседовали. Петер задавал ей массу вопросов: ему хотелось понять, как усовершенствовать прибор. И ему хотелось понять, как ей самой живется с этим устройством, что она при этом испытывает. Дня через два они уже общались непринужденно, словно давние друзья. Когда организаторы повезли всех в музей, расположенный в пустыне, эти двое улизнули с экскурсии и долго стояли посреди жаркой песчаной равнины, глядя на горизонт.

Пэт всегда любила природу. Когда она потеряла зрение, едва ли не тяжелее всего для нее стала мысль, что больше она не сможет совершать походы.

«Я и до туалета-то с трудом добираюсь, как же я, черт побери, могу подняться по какой-нибудь горной тропе? — вспоминает она свои мысли в эти первые опустошающие дни. — Как я смогу смотреть с берега на океан, на то, как штормовые тучи воюют друг с другом? Всё это ушло, понимаете? Как я смогу в полном одиночестве сесть в лодку и отправиться на рыбалку? Ничего этого теперь не могло быть».

После несчастного случая ей довелось «увидеть» не так уж много природы. И вот теперь они стояли посреди пустыни, и Петер попросил Пэт «взглянуть» вверх. Она «разглядела» в небе светлую полоску и спросила у него, что это такое.

— След от самолета, — ответил он.

— А это что за штуки вон там, вдали? — поинтересовалась Пэт. Она различала множество заостренных треугольников, расположенных на разной высоте и выделяющихся на белизне песка.

— Вы их видите?! — воскликнул Мейер с недоверием. Он поразился, что она может воспринимать такие отдаленные объекты и при этом понимать, что они находятся далеко.

— Ну да.

— Это горы, — объяснил он.

Тут Пэт обнаружила, что по щекам у нее текут слезы: она пришла в такой восторг, что начала плакать. Пэт лучше различала близкие предметы: она видела форму больших

кактусов, их «руки» и даже вертикальные выступы и впадины, идущие вдоль растения (хотя колючек она разглядеть не могла).

Горы с такого большого расстояния представлялись ей просто треугольниками, которые выстроились на разных высотах и частично закрывали друг друга. Но этого было достаточно.

«Обожаю горы, — признаётся она. — Это одна из моих самых-самых любимых вещей в мире. И вот я стояла там и понимала, что теперь опять могу видеть горную гряду. Меня прямо переполняют эмоции, когда я вижу то, что больше никогда не надеялась увидеть. Я не могла поверить, что я это вижу».

Вероятно, лишь тогда Мейер, этот вежливый, славящийся своей скромностью инженер из Эйндховена, в полной мере осознал, какое мощное эмоциональное воздействие оказывает его творение, которое он назвал «vOICe», поскольку по-английски три буквы в середине читаются точно так же, как фраза «Oh I see» [«О, я вижу»]. Двое молча стояли и впитывали красоту этого момента.

* * *

Вначале Мейер особо не рассчитывал по-настоящему менять жизнь людей. Идея создания устройства для преобразования картинки в звук пришла ему в голову, еще когда он был студентом-физиком: ему хотелось найти интересный способ использовать новые технологии. Ни о какой нейрофизиологии он тогда не думал. Он просто хотел сделать какую-то полезную штуку. И ему пришло в голову, что это будет круто — соорудить (как он это называл) «обратный спектрограф», который поможет людям (таким, как Пэт) судить об изображении с помощью слуха.

В данном случае спектрограммы — это графики, которые служат визуальным представлением звуков. По горизонтальной оси (X) откладывается время, по вертикальной (Y) — частота (то, что мы воспринимаем как высоту тона). Если слева направо провести пальцем по спектрограмме звука, можно легко проследить за подъемами и спадами, складывающимися из точек, нанесенных над осью X, и получить неплохое представление о повышениях и понижениях тона соответствующих звуков во времени. Чем дальше вы сдвигаетесь по горизонтальной оси, тем больше времени проходит. Чем выше точка, тем выше тон звука, который она изображает. Амплитуда этих звуковых колебаний (т. е. громкость звука) передается различными оттенками серого: чем гуще цвет, тем громче звук. На большинстве спектрограмм множество точек громоздятся одна над другой: так передаются все ноты, звучащие одновременно в каждый конкретный момент. Подобная система часто применяется при анализе речи: возможно, вы видели их в каких-нибудь шпионских триллерах, где плохие парни изучают перехваченные телефонные разговоры в поисках голосового «автографа» удравшего героя.

Идея Мейера состояла в том, чтобы создать прибор (декодер),

способный проделывать нечто противоположное — обращать видимые точки (пиксели картинки) в звуки. Первая модель-прототип оказалась весьма громоздкой. Самодельное устройство, которое Пэт много лет спустя, попав на конференцию, сняла с головы, чтобы показать ему, работало лучше, чем он мог себе представить, когда начинал эту работу (правда, тогда и соответствующие технологии были не столь развиты). Миниатюрная шпионская камера, установленная между линзами темных очков Пэт, снимала окружающее и в цифровой форме передавала эту информацию компьютерной программе, расшифровывавшей эти данные, словно письмена на Розеттском камне. Затем алгоритм Мейера превращал каждый пиксель картинки в ноту нужной высоты и громкости.

Картинка разбивалась на вертикальные столбцы. Чем выше пиксель располагался в столбце, тем выше была нота, испускаемая приборами Мейера. Яркость пикселя передавалась громкостью звука. Ритм «стереоразвертывания» и получавшиеся при его анализе звуки передавали изменение горизонтальной характеристики картинки по мере того, как камера воспринимала это изображение. Получалась, в сущности, смесь повышающихся и понижающихся нот разной громкости, — серия звуковых волн, которые возникали по мере того, как система сканировала изображение, кодируя его очертания как колебания высоты тона. Это было не что вроде струйного принтера, выплевывающего крошечные окрашенные точки, из которых складывается картинка, только «vOICe» действовал гораздо быстрее и «выплевывал» не чернильные точки, а звуковые волны. Главной особенностью прибора было постоянство результатов, которые он выдавал: определенные формы всегда транслировались в виде определенных звуков, а определенные «узоры» изменения высоты тона кодировали определенные очертания. Казалось, со временем мозг способен научиться ассоциировать эти звуковые «узоры» с соответствующими контурами в окружающем мире, а определенные звуки — с формами предметов.

Позже Мейер выяснил: устройство так хорошо работает еще и благодаря тому, что человеческое ухо может одновременно различать неожиданно огромное число нот различной высоты — от 30 до более чем 100 (в зависимости от «картинки»). В каждый временной интервал устройство Мейера проигрывало весь столбец пикселей, одновременно выдавая множество нот различной высоты и громкости. С огромной скоростью сканируя изображение слева направо, система могла передавать колоссальный объем информации за очень короткий промежуток времени. Примечательно, что мозг оказался способен не только

различать все отдельные тона в этом колоссальном разнообразии (при том, что состав этой звуковой смеси к тому же очень быстро менялся), но и почти мгновенно анализировать их, сравнивая с уже выученными звуковыми «узорами» таким образом, что Пэт могла сразу же понимать, на что она «смотрит» — на ворота, жалюзи или разукрашенную кофейную чашку.

Для Мейера это был очень долгий проект: он много лет трудился над ним в своей однокомнатной квартире вечерами и в выходные. К тому времени, когда инженер наконец завершил это дело, уже наступило начало 90-х. Он работал тогда в отделе научных исследований и разработок компании Philips — голландского технологического монстра. Мейер специализировался там на создании компьютерных моделей новых видов микросхем, но все-таки он показал свое изобретение начальству. Начальство помогло Мейеру запатентовать его детище и убедило написать об этой штуке статью.

«Тут же у многих пробудился интерес, мне посыпались вопросы со всего мира, все хотели получить копию статьи, это было потрясающе, сотни людей просили прислать им оттиск, — вспоминает Мейер. — Но прошло какое-то время, а у нас по-прежнему был только один переносной прототип, который мало что позволял сделать. Мы могли раздавать людям демонстрационные устройства, но мы не могли по-настоящему научить людей ими пользоваться».

Более того, когда Мейер связался с обществами слепых, к его идее отнеслись равнодушно-скептически. Первоначально его изобретение с интересом восприняли в научных кругах, но когда он обратился к тем, кто мог бы использовать прибор на практике, никто из этих людей, казалось, толком не понимал, зачем он принес им эту штуку. Тогда Мейер выложил описание своего устройства в Сеть и призвал слепых, а также университетских исследователей бесплатно скачивать его программу и экспериментировать с ней самостоятельно.

Иными словами, он словно поджидал, пока именно такой человек, как Пэт Флетчер, узнает о его схеме и выведет ее на новый уровень развития.

* * *

Не только Мейер и его коллеги ждали, когда на горизонте появится кто-то вроде Пэт Флетчер. В бостонском Медицинском центре Бет Израэль-Диконесс весьма элегантный гарвардский нейрофизиолог испанского происхождения по имени Альваро Паскаль-Леоне получил доступ к оборудованию для сканирования мозга (общей стоимостью в миллионы долларов), проводя исследования в рамках целой программы, направленной на

изучение пластичности человеческого мозга и именно таких людей, как Флетчер: тех, чей опыт выходит за пределы привычного нам здравого смысла, тех, кто может научить нас кое-чему новому насчет того, как работает мозг.

Но проблема с обследованием столь необычных испытуемых в том, что их не так-то легко найти.

Поэтому, как только Паскаль-Леоне прочел о приборе Мейера в одном научном журнале, он решил заехать в Нидерланды во время ближайшего же отпуска, который он планировал провести в родной Испании. В августе 2001 г. Мейер показал свое изобретение гарвардскому специалисту — в своей скромной домашней мастерской. Он закрыл глаза Паскаля-Леоне повязкой, надел на него наушники и позволил ему самому ощутить, что это такое — звуковые пейзажи.

«Это было совершенно поразительно. Я мог воспринимать очень, очень простые вещи — во всяком случае, примерно понимать, что означают звуки, которые их описывают, — рассказывает Паскаль-Леоне. — Но что касается более сложных образов, ситуаций и предметов, то [когда в наушниках играли соответствующие им звуковые пейзажи] я понятия не имел, что же я такое слушаю. Я чувствовал ужасную дезориентацию, и все эти звуки не имели для меня абсолютно никакого смысла».

А потом Мейер обмолвился, что в Баффало живет жизнерадостная и энергичная женщина, которая несколько лет назад обнаружила его программу, бродя по Сети, и которая научилась полноценно пользоваться ею в реальном мире. Эта женщина, объявил Мейер своему гостю, уверяет, что может «видеть» ушами. Не хотел бы Паскаль-Леоне с ней пообщаться?

Паскаль-Леоне вспоминает, как ответил: «Да вы шутите!». И добавляет: «Меня как громом ударило».

Десятилетиями среди ученых шли бурные дискуссии о способности взрослого человеческого мозга меняться. Мало кто сомневался, что на ранних стадиях развития мозг может кардинальным образом менять свою «схему подключения». Однако большинство специалистов полагали, что этот промежуток времени не так уж велик и что после краткого «критического периода» (когда люди и животные еще не достигли зрелости) связи в мозгу «затвердевают», подобно глине в печи для обжига, и затем остаются неизменными.

Однако Паскаль-Леоне принадлежал к небольшой группе ученых-бунтарей, которые полагали, что это представление — чересчур упрощенное. И хотя случай Пэт Флетчер казался довольно-таки экстремальным, нейрофизиолог уже успел немало повидать в своей практике, чтобы не отметать его с порога. Он

рассуждал так: если Мейер прав, перед нами яркий и убедительный пример того, что даже взрослый мозг в состоянии менять свою «схему подключения». Этот пример решительным образом изменит научные представления.

Однажды днем в доме Пэт Флетчер (она по-прежнему жила в Баффало) раздался телефонный звонок. С тех пор она постоянно рассказывает об этом всем знакомым с огромным удовольствием. «В Гарвардском университете захотели, чтобы я к ним приехала! — восклицает она. — Не верится, правда?»

* * *

Чтобы разобраться, почему утверждения Пэт показались ученым такими необычными, полезно сначала попробовать понять те работы, которые убедили многих нейрофизиологов, что подобные вещи невозможны.

Главные свидетельства в пользу такого мнения дала серия экспериментов, которые Дэвид Хьюбел и Торстен Визель в 60-е-70-е годы проводили на зрительной коре головного мозга кошек и обезьян. Эти опыты стали настоящим прорывом в науке и чрезвычайно расширили наше понимание того, каким именно образом мозг позволяет нам воспринимать окружающий мир (в конце концов экспериментаторов наградят за них Нобелевской премией). Если вы внимательно изучали эти работы (как, несомненно, делал Паскаль-Леоне и все нейрофизиологи его поколения), вы вряд ли сумели бы с легкостью объяснить необычайные способности Пэт Флетчер.

Канадский ученый Дэвид Хьюбел познакомился со шведом Торстеном Визелем в конце 50-х в Университете Джонса Хопкинса. Два молодых исследователя были всего на десяток лет старше, чем Пэт Флетчер в момент потери зрения. Эти постдоки находились на старте своей карьеры. И у них имелись немалые амбиции.

Вместе они обосновались в тесной грязноватой комнатушке без окон, расположенной в подвале знаменитого глазного института при университете. Они решили разгадать тайну, которая так долго терзала ученых. Что, собственно, происходит в мозгу, когда мы «видим» предметы, формы и очертания? Тогда как раз настало очень благоприятное время для того, чтобы задаться таким вопросом. Специалисты по изучению головного мозга как раз начали использовать новую методику под названием «регистрация отдельных единиц», которая породила настоящую революцию в науке. Да и сам Хьюбел, упражняясь на токарном станке с различными материалами, успел придумать новый способ изготовления вольфрамовых электродов, оказавшихся настолько эффективными для записи мозговых

сигналов, что многие другие ученые с готовностью переняли его методику. Именно магия «регистрации отдельных единиц» позволила ученым впервые в истории получить возможность в реальном времени отслеживать деятельность наиболее фундаментальной единицы мозга — индивидуальных нервных клеток (нейронов).

У каждого из нас около 100 млрд нейронов. Они отделены друг от друга миниатюрными структурами, которые называются синапсами. Нейроны общаются друг с другом, передавая по синапсам электрохимические сигналы. Ответвления нейрона, которые идут от ядра этой клетки к синапсу и передают эти сигналы, называются аксонами. Те отростки, которые принимают сигналы от синапса и доставляют их в тело нервной клетки, называются дендритами. Если сигналы, передаваемые аксонами одного нейрона дендритам второго нейрона, окажутся достаточно сильными, они заставят второй нейрон давать электрические импульсы. При этом второй нейрон по собственным аксонам передает собственные электрохимические послания — тем нейронам, с которыми он соединен. А это, в свою очередь, повышает вероятность того, что эти нейроны тоже будут активизироваться. Но есть и другие типы синапсов, которые выступают в роли «ингибиторов», мешая связанным с ним нейронам посылать импульсы.

Такая активизация нейронов, одновременная или последовательная, часто именуется «симфонией»: замечательно согласованная игра множества инструментов создает целое, которое гораздо значительнее, чем просто сумма частей. (Впервые я встретил эту метафору в книге Мигеля Николелиса, работающего в Университете Дьюка.) Именно эта симфония позволяет нам думать, ощущать, двигаться.

И видеть. Сидя в своем безоконном балтиморском подвале, Хьюбел и Визель надеялись вслушаться в эту симфонию и ее отдельные партии так, как никто до них не вслушивался. Для этого они подвергли подопытную кошку общему наркозу и ввели длинные тонкие микроэлектроды непосредственно в серое вещество ее мозга. Эти электроды улавливали звук активизации индивидуальных кошачьих нейронов и затем передавали его вовне — на усилитель, из которого раздавался отчетливый щелчок всякий раз, когда нейрон испускал электрический импульс. Эти звуковые сигналы можно было представлять и визуально — в виде вспышек на экране или графиков. Такой метод позволил молодым ученым отслеживать частоту и продолжительность каждого импульса.

Территория, которую Хьюбел и Визель планировали

исследовать, располагалась в самом верхнем слое нейронов, непосредственно под черепной коробкой и тонкой защитной пленкой: в областях, где, как уже было известно, в мозгу располагаются центры, ведающие первичной обработкой зрительной информации. Они находятся в задней части головы, в коре головного мозга — ткани толщиной 2–4 мм, богатой нейронами и играющей ключевую роль не только для нашей способности двигаться, ощущать и реагировать на окружающее, но и почти для каждого типа высокоуровневой обработки информации — процессов, которые отличают нас от наших эволюционных предков-рептилий.

Нейрофизиологи успешно выясняли крупномасштабную структуру коры на протяжении сотни лет — в частности, изучая повреждения-лезии у жертв инсульта и искусственно создавая такие повреждения в мозгу подопытных животных. (Если инсульт убивает клетки в определенной области коры и их гибель явно ассоциируется с потерей определенной функции, например речи, можно заключить, что погибшие клетки мозга играли какую-то роль в выполнении данной функции.)

Но подробности происходящего на микроуровне (то, как отдельные нейроны взаимодействуют друг с другом, и то, какова в реальности функциональная организация этой многомиллиардной армии рабочих клеток мозга) по большей части оставались тайной. Это была совершенно неизведанная страна, открытая для изысканий двух амбициозных молодых ученых.

В ту пору Хьюбелу и Визелю казалось, что дни слишком длинны. Изнурительная работа часто приносила им одни разочарования. Нередко они так уставали, что Визель начинал обращаться к Хьюбелу по-шведски (для них это служило сигналом, что пора бы закругляться). По меньшей мере один раз Хьюбел вернулся домой, когда его семья уже садилась завтракать. Но примерно через месяц после начала исследований эти усилия начали приносить свои плоды. Двое ученых зажимали голову подопытной кошки в прочном каркасе-держателе, который не повредило бы и землетрясение. Целая паутина проводов вела к электродам, измеряющим активность нейронов. Эта проводка, удерживаемая каркасом, позволяла записывать, как определенные нейроны зрительной коры животного реагируют, когда ученые с помощью специального устройства проецируют различные узоры и формы непосредственно на поверхность сетчатки анестезированного зверя.

Цель исследователей состояла в том, чтобы найти единичный стимул, который способен вызвать активизацию определенного

нейрона зрительной коры. Хьюбел и Визель пробовали «показывать» кошкам темные пятна на светлом фоне и светлые пятна на темном фоне. Они всячески варьировали параметры фона и размеры пятен. В конце концов они принялись размахивать руками и плясать перед кошками, — и, чтобы немного развеять собственное мрачное настроение, стали демонстрировать им изображения сексуальных красоток из журнальной рекламы. Ничего не происходило. Нейрон, на который они нацелились, продолжал спать.

Так продолжалось несколько дней. И вот однажды, после очередной серии экспериментов, продолжавшейся четыре часа, исследователи решили опробовать новый стеклянный слайд с изображением черного пятнышка, — и их нейрон «застрочил как пулемет», позже вспоминал Хьюбел. Сам звук, соответствующий активизации нейрона, не имел никакого отношения к этому пятну. После того как вставили слайд, его край стал отбрасывать слабую, но четкую тень на кошачью сетчатку — тень темной прямой линии на заднем плане. Ученые осознали: нейрон, который они исследуют, заранее настроен на то, чтобы наиболее бурно реагировать именно на появление такой линии.

Вскоре исследователи пришли к выводу, что некоторые нейроны порождают наиболее интенсивные импульсы, реагируя на линии, которые проходят под определенным углом, тогда как некоторые их собратья, судя по всему, активизируются, когда встречают наклонные линии, движущиеся в определенном направлении. Иными словами, получалось, что различным нейронам мозг поручает различные задания, которые сводятся к тому, чтобы реагировать на определенные внешние стимулы и транслировать их. Удалось выяснить, что у нейронов имеются «поля восприятия», и во многих случаях оказывалось, что если стимул находится в центре такого поля, то нейрон сразу активизируется на всю катушку. Стимулы, расположенные на периферии поля восприятия, вызывали более медленную подачу импульсов. А всё, что находилось вне этого поля, вообще не вызывало реакцию данного нейрона: он продолжал дремать.

Как обнаружили Хьюбел и Визель, именно согласованная подача импульсов индивидуальными нейронами помогает нам выстраивать сложные («составные») изображения перед нашим мысленным взором. Эти нейроны тоже, по сути, расположены «столбцами», и зрительный анализ происходит как весьма упорядоченная последовательность действий: электрические сигналы передаются от одной нервной клетки к другой, причем каждая нервная клетка отвечает (пусть и не целиком) за распознавание определенных видов деталей в этой картинке.

Послание-сигнал, которое глаз отправляет в мозг, давно считалось «тайным шифром, ключ к которому имеется лишь у мозга: только он способен интерпретировать это послание, — отметит профессор Давид Оттосон из Каролинского института, объявляя в 1981 г. о вручении Нобелевской премии этим двум исследователям. — Хьюбел и Визель сумели расшифровать этот код».

Но Хьюбел и Визель по-прежнему хотели понять, как развиваются эти зрительные клетки. Как нейрон приобретает способность откликаться на диагональную линию или вертикальный край? Почему некоторые нейроны чувствительны к движению? И как эти нейроны работают вместе, порождая в нашем мозгу картинку и становясь частью более длинной цепи обработки зрительных сигналов?

Два ученых предположили, что важнейшую роль здесь играет опыт. У детей, родившихся с катарактой (дефектом хрусталика, блокирующим свет), проблемы со зрением часто продолжаются и после того, как катаракта удалена хирургическим путем. Однако если удалить ее пожилому пациенту, подобные проблемы исчезают. Как объяснить такое несоответствие?

Хьюбел и Визель стали изучать его, создав аналогичную ситуацию у подопытных котят — плотно зашивая им один глаз, а второму позволяя развиваться нормально. Затем они повторили эксперимент со взрослыми кошками. Если зрелым животным открывали зашитый глаз, их зрение полностью восстанавливалось. Но у котят этот глаз оставался слепым даже после того, как он переставал быть зашитым. Казалось, Хьюбел и Визель получили неопровержимое доказательство: имеются (как они это назвали) «критические периоды», в течение которых мозг развивается и может программироваться. Это был очень вдохновляющий эксперимент, но он порождал больше вопросов, чем ответов. Как, собственно, действуют эти критические периоды? Можно ли повернуть этот процесс вспять? И каковы биологические предпосылки таких изменений, происходящих в мозгу?

В последние годы нейрофизиологи получили возможность в реальном времени наблюдать за формированием нейронных цепочек в мозгу молодых животных и ответить на некоторые из этих вопросов. Один из самых изящных экспериментов в этой области провела Холлис Клайн, нейрофизиолог из Института Скриппса (в 2015–2016 гг. она являлась президентом Нейрофизиологического общества). В середине 90-х годов Клайн использовала так называемую двухфотонную микроскопию для того, чтобы заглянуть в мозг головастика и с помощью этого

метода, дающего беспрецедентный уровень разрешения, воочию увидеть, как нейроны формируют свои первоначальные связи в развивающемся мозгу.

Благодаря высокому разрешению микроскопа исследовательница увидела гораздо более динамичную и изящную картину, чем та, которую описывали предыдущие наблюдатели. В мозгу головастика ответвления различных нейронов, стремясь друг к другу, то вырастали, то втягивались: это напоминало движения длинных тонких пальцев, ищущих контакта. Как правило, контакт между отростками разных нейронов оказывался мимолетным, как случайное столкновение: соприкоснувшись, отростки быстро отстранялись и затем уже связывались с отростками других нервных клеток. Но время от времени происходило нечто такое, что заставляло два ответвления сойтись в полупостоянном объятии. Эта магическая связь происходила лишь в тех случаях, когда оба ответвления были присоединены к телам клеток, испускающим импульс в момент контакта. Так Клайн уловила мгновения, когда рождаются синапсы — эти микроскопические связи между нервными клетками.

Ученые давно подозревали, что явление, которое наблюдала Клайн, в принципе возможно, однако подтверждения начали поступать лишь в последние десятилетия. В 1949 г. канадский психолог Дональд Хебб предположил, что мозг, по сути, представляет собой мощный детектор совпадений — и что физические законы, согласно которым возникают и укрепляются связи между нейронами, отражают и фиксируют эти совпадения. А следовательно, когда два нейрона порождают импульс почти одновременно, в мозгу происходит нечто такое, что укрепляет их физическую связь: в результате эти нейроны в будущем смогут легче активировать друг друга. Вместе с тем, когда два нейрона дают импульсы, разделенные сравнительно большим интервалом времени, их связи слабеют. Этот процесс часто именуется «хеббовским обучением».

Вероятно, наиболее ярко этот принцип сформулировала в начале 70-х Карла Шац, молодая исследовательница, работавшая тогда в лаборатории Торстена Визеля и Дэвида Хьюбела, а сегодня она — один из ведущих стэнфордских специалистов по «пластичности мозга».

«Клетки вместе импульс дали — связь друг с другом завязали, — срифмовала Шац, которая помогла доказать это, измеряя увеличение электрического потенциала между двумя связанными нейронами. — Если импульс дали врозь — единенье сорвалось».

В человеческом эмбрионе многие из первоначальных связей между нейронами образуются именно по такому принципу. Спонтанные электрические импульсы образуют в мозгу случайные узоры, и юные ветреные нейроны весело скачут, сталкиваются друг с другом, изучают свое окружение и вовсю завязывают отношения. На этой начальной стадии большинство нейронов образуют гораздо больше связей, чем им нужно: в дальнейшем они будут поддерживать значительно меньшее их количество. В ходе последующего развития эти связи будут либо укрепляться всякий раз, когда нейроны, между которыми возникла связь, снова дадут импульс почти одновременно, либо постепенно ослабевать. В конце концов лишние связи отпадут: природа отсечет их, как садовник обрезает ненужные ветки живой изгороди (не зря такой процесс исчезновения связей между нейронами именуется «прореживанием» [прунингом]).

Со временем возникновение связей между индивидуальными нейронами и отсечение ненужных связей формируют мозговые сети, компоненты которых тесно взаимосвязаны и образуют суперэффективную инфраструктуру — например, наших систем восприятия зрительной или слуховой информации.

Эксперименты Хьюбела и Визеля с зашитым кошачьим глазом позволяли предположить, что в некоторых областях мозга этот механизм образования сетей действует лишь на протяжении ограниченного отрезка времени — в течение так называемых критических периодов. Казалось, после их завершения «окно возможностей» закрывается, и меняться уже поздно. Глина затвердела. Сети сформировались. Маршруты в мозгу прочерчены.

Вероятно, еще примечательнее другое открытие Хьюбела и Визеля: зона коры головного мозга котят, обычно используемая тем глазом, который им теперь зашили, не пропадает зря. Связи, передающие сенсорную информацию от того глаза, который поневоле становится доминирующим, простираются шире, захватывая ту область коры, которую они прежде не использовали. Мозг всегда действует эффективно, словно бы руководствуясь правилом «если не используешь — потеряешь,».

Эти наблюдения очень повлияли на десятилетия дальнейшего прогресса науки о мозге и на то, как исследователи изучали процессы развития этого органа. Идея о том, что у мозга есть критические периоды развития, в течение которых он даже уже после рождения человека обладает высокой пластичностью (и что после завершения этих периодов уже мало что можно изменить), сказалась далеко не только на представлениях о развитии зрения.

За какие-то несколько лет научная элита с готовностью

приняла не только открытия Хьюбела и Визеля, касающиеся критических периодов в развитии зрительной системы. Многие зашли гораздо дальше, сделав вывод, что почти все (а возможно, вообще все без исключения) механизмы пластичности, существующие в коре головного мозга, с годами перестают работать. В конце концов, это вроде бы многое объясняло. К примеру, почему взрослым гораздо труднее, чем детям, освоить иностранный язык, научившись безупречному произношению; почему, старея, мы «коснеем в своих привычках»; почему наши дети гораздо больше нашего склонны исследовать, учиться, спрашивать.

Вскоре целый ряд непроверенных гипотез обрел силу устоявшихся представлений. Среди медицинской элиты многие всерьез полагали, что организм жертв инсульта никогда не сможет вновь восстановить утраченные функции, поскольку инсульт разрушает огромные участки нейронной территории, а мозг (как тогда считалось) во взрослые годы уже не способен «переписывать» себя, чтобы выстраивать пути в обход отмерших зон. Педагоги заявляли, что страдающие дислексией и другими проблемами с обучением никогда не смогут полностью преодолеть их, ведь мозг у них просто имеет такую «схему подключения» — и ее уже не изменить. Конечно же, таким специалистам показалась бы абсурдной сама мысль о том, что человек вроде Пэт Флетчер, потерявший зрение уже во взрослом состоянии, в конце концов научится «видеть» ушами.

Но почти сразу же после того, как эксперименты Хьюбела и Визеля стали достоянием научной общественности, начали появляться свидетельства того, что могут быть и кое-какие исключения из данного правила — и вообще, что положение дел может оказаться несколько сложнее, чем это представлялось вначале. Потребовались десятилетия на то, чтобы опровергнуть эту укоренившуюся догму: похоже, это окончательно удалось сделать лишь на рубеже тысячелетий. Зато сегодня являются общепризнанными противоположные представления: организм жертвы инсульта все-таки может вновь обрести утраченные функции, а дети-дислексики все-таки могут научиться читать. И вероятно, Пэт Флетчер действительно может видеть ушами. Потому что, хотя Хьюбел и Визель многое поняли правильно, мозг все-таки сохраняет значительную долю своей пластичности даже во взрослые годы.

Чтобы изменить мозг, нам просто требовалось лучше разобраться в том, как он работает.

* * *

Итак, вскоре после экспериментов Хьюбела и Визеля стали

появляться намеки на то, что всё не так просто, как кажется. Среди первых таких намеков один из самых важных удалось получить благодаря использованию устройства, которое, подобно машинке Пэт Флетчер, задействовало природную аппаратуру человеческого уха как ворота, ведущие в области мозга, которые занимаются переработкой сенсорной информации. Это устройство — кохлеарный имплант.

Один из пионеров этих исследований, человек, которого многие потом назовут «отцом нейропластики» (и чьи труды оказали огромное влияние на Альваро Паскаля-Леоне, нового друга Пэт), как ни странно, начинал свою работу всего в нескольких сотнях футов от мрачных коридоров, где когда-то начинали грызть гранит науки Хьюбел и Визель: в нейрофизиологических корпусах балтиморского Университета Джонса Хопкинса.

Его звали Майкл Мерценич, и поначалу он вовсе не собирался опровергать устоявшиеся представления. Когда он перебрался в Балтимор для работы над кандидатской (лет через пять после того, как Хьюбел и Визель покинули свою балтиморскую лабораторию и уехали в Гарвард), он всерьез намеревался следовать традиционному пути.

Однако позже Мерценич провел ряд экспериментов, которые очень пошатнули его мировоззрение. Уже будучи пост доком в Висконсинском университете в Мэдисоне, он вместе с коллегами изучал странное явление, которое иногда наблюдается после повреждения крупных нервов, передающих сигналы между головным мозгом и кожей. В отличие от центральной нервной системы, периферические нервы (в частности, те, что передают сигналы от кожи кистей рук) способны к регенерации после того, как их перережут. Однако при этом сигналы, поступающие к кисти по такому заново отросшему нерву, иногда оказываются «перепутаны,»: к примеру, если дотронуться до среднего пальца, который перенес повреждения нервов и затем восстановился, у вас может возникнуть ощущение, что вы прикоснулись к большому пальцу. Казалось, если это случилось один раз, то в дальнейшем так будет всегда.

Чтобы лучше понять происходящее, Мерценич и его команда с помощью специальных электродов регистрировали активность индивидуальных нейронов (эту технологию ученый освоил в Университете Джонса Хопкинса), чтобы составить карту той области коры, которая отвечает за обработку осязательной информации в мозгу нормальных мартышек-подростков. Затем перерезался периферический нерв, доставлявший сигналы от кисти руки обезьяны к данной области мозга — соматосенсорной

коре. Собственно, в определенном месте разрезался целый пучок нервных волокон, идущих от трех пальцев руки и от ладони вверх по спинному мозгу к мозгу головному.

Затем Мерценич и его группа сшивали этот пучок волокон обратно, но так, чтобы разрезанные концы нервов не совсем соприкасались. Это позволяло нервам регенерировать и вновь соединяться друг с другом, но в произвольном порядке. Исследователи предположили, что после этого они смогут разобраться в том процессе, который порождает искажения в осязательном восприятии, возникающие после того, как нервы, идущие от этой части руки, оказываются «перекрещены».

Но когда Мерценич и его команда построили карту той же области мозга семь месяцев спустя, они изумились. При сращивании нервы и в самом деле перепутались, однако мозг создал новый порядок передачи сигналов. Он перекроил свою карту, чтобы учесть эти перекрещенные нервы, породив целое лоскутное одеяло сигналов, которого не было прежде. И он проделал это в возрасте, далеко выходящем за пределы того «критического периода», который многие исследователи принимали как данность. Короче говоря, мозг сделал нечто такое, что многие сочли бы попросту невозможным.

После этого, по словам Мерценича, он «осознал, что мозг пластичен и что он меняет сам себя». -

Но Мерценич начал понимать, насколько пластичен может быть мозг (и насколько далеко могут простираться последствия этого открытия), лишь года через два, уже после того, как он, закончив постдоковскую работу в Висконсинском университете, перешел в Калифорнийский университет в Сан-Франциско (КУСФ), став ассистентом на факультете отоларингологии и физиологии и сосредоточившись на исследовании уха. Вскоре он познакомился с хирургом Рабином Майкельсоном, которому хотелось соорудить прибор, способный помочь глухим вновь обрести слух, используя подход, который тогда пробовали применить и другие: этот подход был нацелен на то, чтобы сконструировать устройство, которое позже назовут кохлеарным имплантом. Хирург поинтересовался у Мерценича, не желает ли он ему помочь.

«Это был очень смелый искатель приключений, — позже вспоминал Мерценич. — Он нашел в Лос-Анджелесе инженера, чтобы тот помог ему сконструировать такой прибор и имплантировать его некоторым пациентам. Но у них не хватало знаний, чтобы усовершенствовать это устройство».

Мерценич решил, что подход Майкельсона — достаточно многообещающий, и подключился к этой работе. Природа

наделила человеческое ухо способностью улавливать (с помощью крошечных структур, напоминающих волоски) вибрации, из которых и состоит звук, превращать их в электрические импульсы и по слуховому нерву передавать эти импульсы в мозг для обработки. Процесс первичного восприятия звука происходит в костной области уха, напоминающей по форме раковину и именующейся улиткой (слово «кохлеарный» в переводе с греческого как раз и означает «улиточный»): это врата, ведущие в ту зону мозга, которая занимается обработкой аудиосигналов.

Вместо того чтобы просто усиливать поступающие звуки (таков традиционный метод, применяемый в традиционных слуховых аппаратах), кохлеарные импланты используют пучки длинных нитеобразных электродов, которые напрямую стимулируют (попросту говоря, бьют током) слуховой нерв в определенном ритме, имитирующем череду электрических импульсов, которую порождают в слуховом нерве нормально функционирующие уши. Вначале Мерценич предположил, что для разработки хорошего кохлеарного импланта нужно постараться как можно точнее воспроизводить эту картину электрических импульсов, создаваемую движениями волоскообразных волокон в нормально работающем человеческом ухе.

Но это оказалось не так просто. Требовалось, чтобы устройство долгое время работало надежно и стабильно: его электроника должна была выдержать десятки лет непрерывной эксплуатации. При этом очень важны были и соображения безопасности: хирург должен был иметь возможность вставить прибор в нежный орган слуха человека, не повредив этот орган. Но главной проблемой стало именно то, что сам рисунок электрических импульсов, создаваемых в улитке и транслируемых по слуховому нерву в мозг (тем самым передавая звук), оказался чересчур сложным и детализированным, чтобы его можно было уловить с помощью существовавших тогда технологий. Великие амбиции Мерценича и его соратников по этой работе быстро потерпели крах: исследователям удавалось лишь приблизительно воспроизвести «изящные, утонченные узоры импульсов, которые дает неповрежденное внутреннее ухо».

«Это как играть на пианино локтем, — позже сказал мне Мерценич. — Невозможно по-настоящему контролировать детали и нюансы. Такой прибор кодирует информацию сравнительно грубым образом,».

Мерценич и его группа имплантировали пациентам первые модели своего устройства, и эти пациенты вскоре стали приходить к Мерценичу на плановые осмотры — быстро подтвердив худшие опасения исследователей.

«Они заявили, что это „жуткая дрянь“, — вспоминает ученый. — Они слышали приглушенные и перепутанные звуки, совершенно не поддающиеся интерпретации. Просто акустический мусор,».

Вместе со своей командой Мерценич попробовал несколько различных подходов, пытаясь усовершенствовать прибор. Однако ни тренировка пациентов, ни легкие изменения конструкции устройства, ни дальнейшие эксперименты не давали существенной разницы.

И все-таки они упорно продолжали экспериментировать. Им приходилось это делать: команда Мерценича уже имплантировала свои приборы многим людям — с немалыми усилиями и затратами. К тому же этим пациентам пока явно не светило ничего лучшего. Они страдали острой глухотой и были обречены существовать в невидимом конусе тишины, окруженном людьми, которые болтают, шутят, смеются. Они были исключены из этого мира. И они тоже не очень-то хотели, чтобы эксперименты прекращались. Поэтому они не собирались отказываться даже от столь несовершенных приборов. Так что импланты им не вынимали.

И очень хорошо, что не вынимали. Потому что через несколько месяцев стало происходить нечто поразительное.

Мерценич вспоминает первых пациентов, которые вначале отзывались о ситуации очень мрачно и были не особенно довольны прибором, но вдруг пришли на очередной плановый осмотр, так и лучась энтузиазмом:

— Теперь я начинаю всё понимать! Вот это да!

Да, что-то явно происходило: тесты это подтвердили.

«За двух-трехнедельный период у них происходит это удивительное прояснение того, что они слышат, — вспоминает Мерценич. — Внезапно они показывают понимание [звуков] на сравнительно высоком уровне. Это было потрясающе».

А ведь приборы совершенно не изменились. Мерценич осознал, что изменился сам мозг пациентов. В то время Мерценич занимался не только проектом с кохлеарными имплантами: в своей лаборатории он активно изучал нейропластичность у обезьян. Но его все равно очень впечатлили эти результаты.

«Оказалось, что мозг способен взять информацию в виде этих грубых сигналов и превратить ее в новую форму понятной речи, — отмечает ученый. — Эти устройства работали лучше, чем мы себе воображали. Я просто не думал, что мозг может изменяться так масштабно».

Более того, вскоре Мерценич узнал, что исследователи из других групп, создающих кохлеарные импланты, получают

сходные результаты, хотя эти его конкуренты использовали совершенно иные схемы кодирования и картины электрической активности.

Казалось, важнее всего не детали этой картины сигналов, идущих в мозг, а постоянство соответствия таких картин реальным данным о мире. Как мы уже упоминали, мозг — это, в сущности, очень сложная машина для распознавания узоров и закономерностей. Он динамичен и все время меняется, и он способен научиться ассоциировать определенные всплески электрических стимулов с определенными звуками и словами, предназначенными для представления каких-то идей окружающего мира. Мозг умеет проделывать это, даже когда подобные всплески и их сочетания гораздо грубее тех, которые порождаются природной аппаратурой нашего уха и вообще коренным образом отличаются от них. Хеббовское правило ассоциативного обучения (согласно которому те нейроны, которые вместе дают импульс, в конце концов завяжут между собой связь) оказалось гораздо более действенным и стойким, чем мог предположить даже сам Мерценич.

— Вы приделывали новый вход к естественной звуковой системе, ждали полгода — и мозг делал вид, что ему все равно, — замечает Мерценич. — Это было что-то невероятное.

* * *

Жарким летом 2006 г. Пэт Флетчер приехала в лабораторию Альваро Паскаля-Леоне на свои первые тестирования. Команда Паскаля-Леоне разместила ее в гостинице возле Медицинского центра Бет Израэль — Диконесс (предоставляющей ночлег и завтрак): именно в Центре исследователи намеревались проводить тесты.

Они пригласили и еще одного слепого испытуемого — Адама Шейбла (вместе с его женой Денизой). Пэт с Адамом уже общались через онлайновую площадку, специально созданную Мейером для того, чтобы знакомить друг с другом пользователей «vOICe», но здесь они впервые встретились лично. Пэт, Дениза и Адам каждое утро собирались в общей столовой своей уютной гостиницы и обменивались историями, перед тем как отправиться на очередное тестирование.

За этим столом Адам рассказал Пэт, какой радостью для него стала возможность впервые «увидеть» лицо и волосы жены, как он любит просто «смотреть» на нее. Адам жил во Флориде, не так далеко от того места, где много лет назад с Пэт произошел несчастный случай. Адам описывал, как впервые, встав на морском берегу, смог «созерцать» величественный сторожевой корабль, скользящий по чистым водам залива. Пэт легко могла

себе представить эту картину. Она помнила парусные яхты и то, как их паруса трепещут на ветру: в свое время она видела это, еще будучи зрячей. Она их обожала.

Пэт понимающе закивала, когда Адам поведал ей, как впервые различил бугорки на чипсах. Она невольно засмеялась, когда он описал, как странно и удивительно для него было увидеть пар, поднимающийся над кофейной чашкой.

«Я об этом не задумывалась, ведь я привыкла видеть пар над кофе! — замечает она. — А представьте, что вы никогда прежде этого не видели».

Но кое-что явно грызло и мучило Адама. Окружающие часто говорили ему (как говорили и самой Пэт): мол, вы никак не можете видеть, это исключено. Пэт знала, каково это — когда ты что-то видишь. Она это помнила. И она совершенно не сомневалась: то восприятие, которое она обрела, — самое настоящее зрение. У Адама всё было иначе. В отличие от нее, он родился слепым. Как он мог удостовериться, что испытываемые им ощущения — это действительно то самое «зрение», о котором он всю жизнь слышал?

Паскаль-Леоне и его команда придумали целую серию изощренных экспериментов для того, чтобы проводить их в лаборатории с испытуемыми. Они заверили Адама, что к концу этой серии они смогут ответить на его вопрос — по крайней мере, частично. Собственно говоря, Паскаль-Леоне уже догадывался об ответе: в каком-то смысле те опыты, к которым он намеревался привлечь Пэт и Адама, должны были стать просто очередным подтверждением внушительного — и постоянно растущего — массива фактов и гипотез.

Уроженец испанской Валенсии, Паскаль-Леоне получил в Германии степень кандидата медицинских наук и доктора философии и изучал неврологию в Университете Миннесоты, прежде чем перейти в один из американских Национальных институтов здравоохранения, расположенный в городе Бетесда (штат Мэриленд).

Еще до того, как начать работу в NIH, Паскаль-Леоне с большим интересом следил за исследованиями Майка Мерценича. Энергичный растрепанный калифорниец был очень занят еще со времен своих первых опытов на обезьянах и пробных кохлеарных имплантов. Более того, именно он в дальнейшем провел серию экспериментов на мартышках, которые Паскаль-Леоне очень хотел вывести на следующую стадию — подвергнуть тем же исследованиям людей. Эти эксперименты Мерценича очень повлияли на мировоззрение Паскаля-Леоне.

Во время своего годичного отпуска для научной работы,

предоставленного Калифорнийским университетом, Мерценич вместе с Джоном Каасом из Университета Вандербильта разработал методику довольно радикального эксперимента, призванного показать, до какой степени «жесткой» становится схема подключения головного мозга после того, как критические периоды уже позади. В ходе этих опытов исследователи снова применили микроэлектроды для того, чтобы построить детальную карту той области соматосенсорной коры обезьяны, которая, как им представлялось, регистрирует нервные импульсы, поступающие от различных участков кисти руки.

Затем они перерезали периферический нерв, соединяющий ладонь с биологическими путями, по которым сигналы от нее поступают в мозг. На сей раз они не стали сшивать его обратно. Они словно оборвали телефонный провод: полностью прекратилась вся коммуникация между данной частью руки и данной частью мозга (предназначенной для обработки тактильной информации, поступающей от этой части руки).

Через несколько месяцев Мерценич и Каас вновь построили карту той же области мозга, чтобы выяснить, не изменилось ли там что-нибудь. Как мы уже знаем, Хьюбел и Визель к тому времени уже показали, что неиспользуемая область зрительной коры котенка может «переподключать» себя, чтобы выполнять иную функцию, когда один глаз перестает применяться, но они утверждали, что это происходит лишь в критические периоды развития животного. Обезьяна под названием «трехполосая дурукули» [совинолицая мартышка], которую они изучали, уже существенно вышла за границы того возраста, когда, по мнению большинства тогдашних нейрофизиологов, эти критические периоды завершаются. Поэтому существовала общепринятая догма: область соматосенсорной коры, обрабатывающая сигналы от данного нерва, после его перерезания должна стать «спящей», неиспользуемой, мертвой. Однако при этом повторном картировании мозга Мерценич обнаружил нечто совсем иное.

Когда Мерценич и Каас прикасались к участкам руки, прилегающим к тем, которые они несколько месяцев назад сознательно лишили нервной коммуникации с мозгом, те части соматосенсорной коры, которым вроде бы полагалось спать, так и вспыхивали активностью. Ошибки быть не могло: получалось, что мозг, который вроде бы должен был давно закостенеть в жесткой и определенной схеме подключения, каким-то образом сумел снова трансформироваться. Активные участки рук колонизировали покинутые нейронные области.

Как такое могло быть? Результаты, казалось, совершенно противоречат тем работам, за которые Хьюбел и Визель получили

Нобелевскую премию. И от этих результатов почти не глядя отмахнулось большинство работающих в данной области. Но Мерценич продолжал распутывать эту нить. Теперь ему захотелось выяснить: может быть, дело просто в том, что со временем мозг набирается соответствующего опыта — и этого достаточно, чтобы изменить объем «мозгового пространства», отводимого на выполнение определенного вида задач?

Чтобы установить это, Мерценич снова построил карту соматосенсорной коры — тех ее областей, которые ассоциируются с отдельными пальцами рук мартышки. Однако на сей раз не стали разрезать нерв: постдок по имени Уильям Дженкинс провел три месяца, тренируя подопытных обезьян, чтобы те научились справляться с заданием, которое требовало от них развития целого набора необычайно сложных и тонких навыков. Команде исследователей хотелось увидеть, не отразится ли на структуре мозга и этот процесс. Задание было и правда очень непростое. Мартышек учили поддерживать контакт с вращающимся диском, используя подушечки двух пальцев, однако проделывать это деликатно: чтобы пальцы оставались неподвижными и чтобы диск не увлекал их за собой. Для этого требуется очень точно подобрать давление, которое вы будете оказывать на диск.

Обучая мартышек этому трюку, Дженкинс обеспечил их очень высокой мотивацией. Если обезьяна не справлялась с заданием, ей приходилось ждать окончания сеанса тренировок, чтобы ее покормили. Если же задание удавалось выполнить как полагается, счастливицу ждала неслыханно щедрая награда в виде пищевых шариков со вкусом банана — до 600 шариков на протяжении 24-часового периода.

Тренажер, придуманный Дженкинсом, можно было закреплять перед обезьяньей клеткой. Он состоял из круглого алюминиевого «пирога» диаметром 13 см, причем на его поверхности имелись как выступы, так и впадины. Через прутья каждой клетки пропускали электричество: сила тока была незначительной, и обезьяньи пальцы ее не ощущали. Цепь замыкалась всякий раз, когда мартышка прикасалась к металлу диска. А это, в свою очередь, приводило к выбросу пищевого шарика в специальный наклонный желоб, расположенный слева от клетки. Мартышки-начинающие обычно выгребали эту добычу двумя пальцами. А вот закаленные бойцы научились слизывать шарики языком, чтобы не отводить пальцы от диска, а значит, довести скорость поступления корма до максимальной.

По мере того как животные всё лучше справлялись с заданием, Дженкинс усложнял его: так, он увеличил интервал, в течение которого мартышка должна непрерывно прикасаться к

диску, до целых 15 с, ускорил вращение «пирога» до одного оборота в секунду и, наконец, отодвинул крутящееся устройство так далеко от клетки, что дотянуться до него удавалось лишь кончиками одного-двух самых длинных пальцев. При этом по-прежнему требовалось прикладывать к диску именно такую силу, которая будет поддерживать ток в цепи, однако не станет ни замедлять диск, ни позволять пальцам обезьяны двигаться вслед за ним.

После сотни с лишним дней обучения подопытных мартышек Мерценич с Дженкинсом наконец были готовы начать выяснять, изменила ли эта новая «квалификация» обезьян структуру коры их головного мозга. Результаты оказались весьма впечатляющими. Область соматосенсорной коры, отводимая на восприятие осязательных импульсов от пальцев, используемых для легких прикосновений к диску, увеличилась на 400 % [т. е. в пять раз]. Мозг мартышек изменил свою схему подключения лишь на основе практики, мотивом для которой стало желание довести до максимальной интенсивности поток банановых шариков.

Паскаль-Леоне прочел об этом эксперименте Мерценича с мартышками, еще будучи молодым ординатором-неврологом. С тех пор он часто размышлял о том, нельзя ли вызвать похожее явление и у людей. И в конце концов у него родилась оригинальная идея: почему бы не поизучать слепых, которые учатся читать шрифт Брайля?

Подобно мартышкам с вращающимся диском [пусть это не прозвучит оскорбительно], читатели брайлевского шрифта используют подушечки отдельных пальцев для того, чтобы выполнять задание, требующее весьма тонкой настройки осязания. Чтобы считывать колонки выпуклых точек, представляющих в алфавите Брайля буквы, эти люди выработали в себе способность, которую Паскаль-Леоне назвал «страшноватой!»: умение с огромной скоростью проводить пальцем по брайлевским ячейкам, распознавая при этом до шести точек в каждой ячейке. Если нажимать подушечкой пальца слишком сильно, быстрота чтения снизится до черепашьего шага.

А если нажимать слишком слабо, невозможно будет определить, сколько точек в каждой ячейке. Вместо этого читатели брайлевских текстов, участвовавшие в эксперименте, много раз молниеносно проводили пальцем по точкам, пока не расшифровывали закодированное в них послание, — и затем двигались дальше, к еще не прочитанному тексту.

«Меня интересовала не сама их слепота, а тот факт, что незрячие люди обучаются читать шрифт Брайля, — объясняет Паскаль-Леоне. — Какого рода изменения происходят при этом в

их мозгу?»

Конечно, при этом Паскаль-Леоне не мог вести запись активности единичных нейронов. Испытуемые-люди, даже добровольцы, обычно почему-то не очень хотят, чтобы им распилили череп и вставили в мозг электроды. Так что вместо этого он воспользовался методикой, которая подразумевала подачу слабого электрического разряда на подушечку «читающего пальца» каждого испытуемого. К коже черепа объекта эксперимента прикрепляли целый набор электродов, которые должны были затем определять, где в соматосенсорной коре активизируются нейроны.

Когда Паскаль-Леоне подвел итог этого исследования, он обнаружил, что палец, с помощью которого слепой предпочитает сканировать шрифт Брайля (у разных людей он может быть разным), и в самом деле получает куда более значительную долю коры для обработки поступающих с него осязательных сигналов, чем тот же самый палец у людей, которые не читают шрифт Брайля. Мало того: точно так же, как было показано в эксперименте с мартышками, Паскаль-Леоне продемонстрировал, что это происходит за счет ресурсов коры, прежде служивших для интерпретации осязательных сигналов от пальцев, которые соседствуют с читающим.

Затем Паскаль-Леоне переключился на моторную (двигательную) кору [строгое название — двигательная область коры головного мозга] и показал: обретение точности движений, необходимой для эффективного чтения брайлевского шрифта, приводит к аналогичному процессу «колонизации» читающим пальцем той области мозга, которая отвечает за контроль движения этого пальца.

Эта пара экспериментов стала настоящим прорывом в науке: впервые удалось показать, что подобного рода пластичность мозга проявляется и у взрослого человека. Но именно один из опытов, ставший их логическим продолжением, породил действительно мощное волнение среди ученых и заложил основы для той линии научных исследований, которая в конце концов и приведет к путешествию Пэт Флетчер в Бостон.

Спустя несколько месяцев после этих первоначальных экспериментов один из коллег Паскаля-Леоне по имени Норихиро Садато захотел получить более обширную картину того, каким образом вся моторная кора (та часть мозга, которая контролирует движение) меняется по мере улучшения эффективности брайлевского чтения. Для этого Садато воспользовался иной технологией сканирования мозга — позитронно-эмиссионной томографией (ПЭТ): она дает более «глобальную» картину мозга.

Поначалу исследователь не интересовался зонами мозга, находящимися за пределами двигательной области коры. Но выбранный им метод все равно давал своего рода моментальный снимок всего, что происходит к коре.

Паскаль-Леоне отлично помнит тот день, когда Садато ворвался к нему с результатами этих опытов.

— Какие тебе сначала новости — хорошие или плохие? — с порога спросил Садато.

— Всегда начинай с хороших, — посоветовал Паскаль-Леоне.

По словам Садато, хорошие новости заключались в том, что путем анализа данных двигательной области коры он сумел получить убедительные подтверждения той гипотезы, которую они и выбрали для проверки в рамках этих исследований.

Однако плохие новости, сообщил японец, состоят в том, что «тебе это наверняка будет совершенно неинтересно».

Когда Садато показал ему снимки мозга, полученные методом ПЭТ, Паскаль-Леоне понял, почему его коллега высказал такое предположение. Моторная область коры действительно оказалась активнее. Однако то же самое происходило и со зрительной областью коры: каким-то неведомым образом сигналы, поступавшие от пальцев, добирались до задней части мозга, до области, которая, как полагали прежде, способна получать такие активационные сигналы лишь от глаз. Слепые, читавшие шрифт Брайля, обрабатывали считываемые слова в той же зоне, в какой обрабатывают читаемый текст зрячие люди, пользующиеся для чтения глазами. Казалось, в каком-то смысле эти слепые испытуемые «видят» пальцами.

«Я посмотрел на эту картинку и воскликнул: Господи, что это? Это правда? Это не выдумка? — вспоминает Паскаль-Леоне. — Так что отсюда выросло много необычайно любопытных экспериментов и изысканий».

И в самом деле: к тому времени, как в 2006 г. Пэт Флетчер перешагнула порог паскалевской лаборатории, ученый сумел распутать значительную часть этой нити и совершить ряд довольно-таки поразительных открытий. В 2000 г. Паскаль-Леоне узнал о 63-летней женщине с врожденной слепотой, годами по 4–6 ч в день читавшей тексты, набранные шрифтом Брайля: она работала в Испании брайлевским корректором. В результате такой практики эффективность ее чтения стала крайне высокой: слепая женщина читала брайлевский текст быстрее, чем большинство зрячих людей читают обычную газету.

Но однажды она пожаловалась на головокружение, потеряла сознание, и ее спешно доставили в больницу. Когда пациентка наконец пришла в себя, врачи сообщили, что ей необычайно

повезло: как выяснилось, она перенесла два инсульта, но эти инсульты чудесным образом нанесли повреждения (т. е., попросту говоря, убили нейроны) только в левой и правой части зрительной зоны коры — в тех областях мозга, которые, как уверяли медики, ей все равно не нужны, поскольку она слепа. Но когда женщина попыталась снова читать брайлевские тексты, она обнаружила, что больше не в состоянии расшифровывать их. Она могла кое-как ощупью распознавать буквы — скажем, идентифицировав точку и затем дедуктивным методом вычислив, какую букву представляет ячейка, где эта точка содержится. Но прежней беглости чтения она лишилась.

Для Паскаля-Леоне (который встретился с этой женщиной, провел ряд сканирований ее мозга и совместно с коллегами опубликовал статью, где разбирал данный случай) эта история, судя по всему, послужила подтверждением гипотезы, согласно которой активизация зрительной коры при чтении Брайля отнюдь не носит случайного характера. Несколько лет спустя Паскаль-Леоне получил возможность просканировать мозг турецкого художника Эсрефа Армагана (http://esrefarmagan.com/), тоже родившегося слепым. Когда Эсреф был еще ребенком, его семья, владевшая небольшой лавочкой, каждый день выставляла слепого мальчика на улицу, чтобы он не сшибал товары. Армаган научился развлекать себя, рисуя на песке узоры и ощупывая пальцами получающиеся картинки. Рисунки очень восхищали прохожих, которые часто хвалили мальчика и поощряли его продолжать это занятие. Благодаря неустанной практике Армаган рисовал всё более сложные изображения.

К тому времени, когда Армаган стал взрослым, он уже разработал собственную узнаваемую технику. Он использовал остро отточенный карандаш или брайлевскую иглу, чтобы выдавливать наброски на бумаге или холсте, а другой рукой вел по листу вслед за этим инструментом, чтобы отслеживать, в каком месте создаваемого рисунка он находится. Примечательно, что он научился выдавать подробно прорисованное зрительное представление предмета после того, как всего несколько мгновений щупал его руками. К тому же он запоминал, где находятся линии этого абриса, и затем заполнял нужные области нужными цветами: это позволило ему писать картины маслом. Получались очень красивые полотна, настолько яркие и реалистичные, что художник вскоре завоевал признание во всем мире. Как слепой от рождения человек смог стать таким одаренным мастером визуального жанра?

В 2007 г. Паскаль-Леоне вместе с Амиром Амеди, постдоком, руководившим его лабораторией сканирования, получил

возможность просканировать мозг Армагана, когда художник приехал в США представить свои работы в нью-йоркском Музее современного искусства. В лаборатории Амеди передал Армагану набор предметов и попросил нарисовать их. Среди предметов была статуэтка мужчины, сидящего на скамье и держащего в руке яблоко. Армаган сумел изобразить статуэтку после того, как ощупывал ее всего несколько секунд, причем он нарисовал ее с разных ракурсов — спереди, сверху, сбоку. Для нейрофизиологов отсюда следовали далеко идущие выводы.

«Осязание сильно отличается от зрения, — объясняет Амеди. — Понятие перспективы здесь не имеет такого значения. Для того, кто ощупывает одинаковые предметы, они имеют один и тот же воспринимаемый размер, даже если расположены на разном расстоянии от вас. Однако без всякого визуального опыта он [Армаган] сумел развить в себе способность мысленно создавать трехмерное представление объекта у себя в мозгу и затем манипулировать этим представлением так, чтобы иметь возможность нарисовать предмет с любого ракурса, с любого угла. Он проделывал это с огромной точностью и быстротой: даже зрячему было бы трудно так рисовать. Прямо скажем, он меня просто поразил».

Затем Амеди и Паскаль-Леоне стали сканировать мозг Армагана, пока художник лежал в магнитно-резонансном томографе и рисовал на листе бумаги, который положили ему на живот. Похоже, в процессе рисования, представляя объект с разных ракурсов и давая ему жизнь на бумаге, Армаган видел предмет своим «мысленным взором» и мысленно манипулировал им. Он тоже полагался на зрительные области своего мозга, которые, как показало сканирование, при этом очень сильно активизировались.

«Чтобы проделывать всё это, он задействует те же нейронные схемы и маршруты, которые отвечают за визуальное восприятие у зрячих. Да, порядок работы в рамках этих схем у него немного иной, но сами схемы — те же, — говорит Паскаль-Леоне. — Что это — зрение? Он не “видит” в привычном нам смысле этого слова. Но если посмотреть на характер мозговой активности, вы скажете, что в основе своей это, в общем, то же самое».

* * *

К тому времени, как Пэт и. Адам вошли в лабораторию, чтобы пройти тестирование, Паскаль-Леоне и Амеди уже очень долго обсуждали, что же они надеются изучить в ходе этих опытов. Паскаль-Леоне считал, что одна из самых необычайных и странных особенностей Пэт Флетчер — то, что она (во всяком случае, по ее собственным словам) может одновременно и

«видеть», и «слышать», используя ухо для получения сенсорной информации, необходимой для того, чтобы испытывать оба типа ощущений. И действительно: в тот день Пэт с готовностью продемонстрировала в лаборатории свою способность обнаруживать, где находится дверь, или «озираться по сторонам», одновременно ведя непринужденную беседу.

«Меня это чрезвычайно поразило, — отмечает Паскаль-Леоне. — Из этого могло бы следовать, в частности, что существуют совершенно, совершенно разные нейронные субстраты, которые обрабатывают эти потоки информации, хотя оба потока поступают через уши. И мы решили проверить такую гипотезу»..,

Как и следовало ожидать, когда исследователи воспроизвели для Пэт обычные звуки (например, свистки), возбудились те зоны мозга, которые обычно и ассоциируются с обработкой аудиосигналов. Но когда для нее воспроизвели «звуковые пейзажи», активизировалась и зрительная область ее коры. Когда же экспериментаторы нарочно запутали эти пейзажи так, чтобы они представляли собой бессмысленный набор звуков, затылочная доля мозга [где расположена, в частности, зрительная область коры] оставалась неактивной, и Пэт сообщила, что ничего не видит.

Каким-то образом мозг Пэт умел отличать такие пейзажи от других звуков и направлять информацию, поступающую от звуковых пейзажей, в ту область мозга, которую ассоциируют с визуальным распознаванием объектов.

Этот день очень запомнился и Паскалю-Леоне, и Амеди: они даже несколько лет спустя дивились тем способностям, которые продемонстрировала им Пэт. Но когда она сама вспоминает этот день, то говорит, что ярче всего в ее памяти запечатлелись не опыты в лаборатории, а поход в торговый центр, предпринятый Пэт и ее спутниками после завершения экспериментов.

Проводя тестирование в лаборатории, Амеди в общем-то не готов был подтвердить, что испытываемое Адамом и Пэт действительно являет собой «зрение»: такая гипотеза вызывала у него дискомфорт. «Я ученый, и мне нужно быть поосторожнее, — замечает он сегодня. — Я не могу сказать, что это зрение. Но нет никаких сомнений: они и в самом деле задействуют ту же систему. Вот мы ему [Адаму] и сказали, что у него активизируется визуальная система».

Для Адама Шейбла этого оказалось вполне достаточно. Пэт до сих пор отлично помнит, как с помощью своей системы «vOICe» наблюдала: он «практически плясал от восторга», радостно проносясь мимо магазинов торгового центра. Ведь

гарвардские ученые подтвердили его собственные ощущения.

«Он был так рад, что они подтвердили: да, он обладает зрением, — говорит Пэт. — Было очень здорово наблюдать за ним, слышать счастье в его голосе, слышать, как он снова и снова повторяет их выводы, и понимать, как важно для человека, который всю жизнь был слепым, получить реальное подтверждение того, что он может видеть. Для меня это стало одним из главных впечатлений в жизни».

* * *

Как же объяснить расхождение между «критическими периодами» Хьюбела — Визеля и тем, что испытывает Пэт? Как примирить между собой результаты экспериментов с котенком, который навсегда остается слеп на один глаз даже после того, как этот глаз перестал быть зашитым, и куда более обнадеживающую работу Майка Мерценича с его пациентами, которые с помощью кохлеарных имплантов смогли вновь научиться слышать?

На протяжении последнего десятилетия биохимики начали получать кое-какие ответы, которые, быть может, помогут нам разрешить все эти противоречия и которые предлагают более тонкое и детальное представление о тех закономерностях, управляющих критическими периодами и нейропластичностью.

В конце концов, невозможно же отрицать, что все мы способны учиться в течение всей жизни. При этом никто не станет отрицать и то, что мозг ребенка более «гибок» и более открыт к изучению нового, чем мозг взрослого. Во всяком случае, с этим явно согласятся все, кто во взрослые годы пытался изучать иностранный язык и никак не мог вытравить из своей речи характерный для своего родного языка акцент. Вот почему мы часто говорим, что мозг у пятилетних детей, как губка: мы поражаемся их способности впитывать информацию.

И в самом деле, почти сразу же после того, как Хьюбел и Визель впервые продемонстрировали существование этих критических периодов, ученые начали искать пути для того, чтобы, подобно хакерам, «взломать» систему и сделать так, чтобы мозг взрослого человека вновь обрел ту пластичность, которую мы наблюдаем у детей. Некоторые даже предположили: если мы сумеем понять, почему критические периоды начинаются и завершаются («открываются» и «закрываются»), то сможем усовершенствовать процесс обучения и даже изобрести «обучающие таблетки».

С самого начала все решили, что главное здесь — добавить что-то такое в мозг: например, что-нибудь вроде стволовых клеток или факторов роста, о которых мы рассказывали в предыдущей главе. Может быть, залог успеха — регенерация?

Ведь Стивен Бадилак и Гордана Вуньяк-Новакович добились того, чтобы заново росли клетки мышц и хрящей. Возможно, и с мозгом удастся проделать нечто подобное? Однако в последние годы ученые стали осознавать: для того, чтобы заново «начать» («открыть») критические периоды, важнее всего отнюдь не внести что-то *дополнительное*. Как ни странно, секрет здесь, судя по всему, кроется в умении что-то *убрать*.

Как мы уже знаем, нейрофизиологи долго считали непреложной догмой идею о том, что нейроны, которые дают импульс вместе, формируют друг с другом связь. Однако существует множество факторов, которые способны повышать или понижать вероятность активизации нейрона и, по-видимому, его связывания с соседями: во всяком случае, так полагает гарвардский нейробиолог Такао Хенш.

Хенш и некоторые его коллеги в последнее время обнаруживают: по мере старения нашего организма происходят биохимические процессы, создающие молекулярные «тормоза» для пластичности, резко уменьшая способность нейронов образовывать новые связи с соседями. Но эти молекулярные тормоза не препятствуют формированию вообще всех новых связей. Они лишь ослабляют воздействие веществ, которые, оказавшись в мозгу ребенка или одного из головастиков-альбиносов, так поразивших исследователей (мы уже кое-что рассказывали тут о подобных головастиках), либо способствуют более легкой активации нейронов, либо подталкивают нейроны к тому, чтобы более разнузданно завязывать новые отношения друг с другом.

С поведенческой точки зрения наш энтузиазм при виде новой модели грузовика или волшебного замка принцессы угасает с годами просто из-за того, что эти вещи больше не кажутся нам такими невиданными и необычными, какими они могут представляться трехлетнему ребенку. Но верно и то, что утрата детского энтузиазма отражается во вполне реальных структурных изменениях мозга.

«У ребенка эти системы естественным образом работают на более высоких оборотах, сталкиваясь практически с любыми впечатлениями, потому что дети заинтересованы в том, чтобы узнать, как работает мир, — поясняет Хенш. — Но по мере взросления эта новизна стирается — вероятно, нам всё это становится скучнее. На биохимическом уровне наши системы всё труднее вовлекаются во взаимодействия!».

«Однако, — подчеркивает Хенш, — это не значит, будто такая пластичность совсем угасает». Когда мы глубоко погружены в какое-то занятие (например, в какую-нибудь из видеоигр для

«тренировки мозга»), те области мозга, которые регулируют внимание и концентрацию, могут затопить другие участки мозга особыми веществами (нейромодуляторами), которые повышают вероятность активации нейронов, находящихся на этих участках. Иными словами, нейромодуляторы переводят эти нейроны в режим повышенной готовности — готовности откликнуться на импульсы, которые будут подавать окрестные нейроны. Безграничный энтузиазм Пэт Флетчер и ее глубокая сосредоточенность, все эти долгие часы практического освоения системы «vOICe», несомненно, мобилизовали многие из доступных ее организму нейромодуляторов. Со временем в ее мозгу сформировались новые связи. Это стало триумфом ее любознательности, концентрации, силы воли.

Однако выясняется, что, по мере того как мы становимся старше, наш организм начинает вырабатывать соединения, а иногда и строить физические структуры, подавляющие эффект этих модуляторов. Они могут убаюкать некоторые популяции нейронов, введя их в состояние летаргии или просто незаинтересованности. Пережившие инсульт могут научиться восстанавливать утраченные функции. Пэт Флетчер может научиться видеть ушами. Но это битва против заведомо более сильного противника — против встроенной в зрелый организм склонности защищать уже существующую инфраструктуру, которая годами медленно и целенаправленно складывалась и которая очень дорого обошлась организму.

Один из поворотных моментов, побудивших исследователей заподозрить всё это, наступил в начале 2000-х, когда итальянский биолог Ламберто Маффеи. решил воспользоваться в нейрофизиологии некоторыми идеями и подходами регенеративной медицины.

Ученые уже несколько столетий недоумевали, почему наш организм умеет регенерировать периферические нервы тела, однако не может заново отращивать аксоны, способные передавать электрические импульсы к конечностям — от головного мозга по позвоночнику (т. е. по спинному мозгу). То, что эту тайну никак не удавалось разгадать, обрекало тысячи пострадавших от повреждений спинного мозга (например, актера Кристофера Рива) на жизнь в инвалидном кресле.

В 90-е годы и в начале 2000-х некоторые ведущие специалисты по регенеративной медицине начали приближаться к ответу по крайней мере на один из вопросов, касающихся этой проблемы. Как выясняется, при взрослении организм вырабатывает белки под названием ХСПГ (хондроитинсульфатпротеогликаны), которые затрудняют рост

зрелых аксонов. У здоровых взрослых эти молекулы играют важную роль — сигнализируют, что организм созрел и ему следует перестать меняться, что необходимая структура уже заняла свое место и теперь ее следует защищать, чтобы она сохраняла сложившийся вид.

Эти молекулы имеют важное значение и для защиты организма в случае повреждений.

Но когда эти аксоны оказываются перерезаны (как произошло с Кристофером Ривом, когда в 1995 г. он упал со скачущей лошади), присутствие ХСПГ становится опасной помехой. Может быть, если бы ученые нашли способ разрушать эти соединения, аксоны начали бы расти снова? Создав ряд ферментов, которые способствуют разложению ХСПГ, ученые провели эксперименты на парализованных крысах и сумели показать, что организм этих крыс действительно начинает отращивать аксоны заново.

Маффеи задумался: может быть, такой же механизм задействован и в головном мозге? В конце концов, клетки мозга, вовлеченные в зрительное и слуховое восприятие (и вообще во все когнитивные функции [относящиеся к познанию и восприятию мира]), тоже полагаются на аксоны в своей работе. Маффеи проделал такой же эксперимент, который Хьюбел с Визелем ставили на котятах: он плотно зашил подопытной крысе один глаз, а второму глазу позволил развиваться нормально. Как и в случае котят Хьюбела и Визеля, зрение этой крысы оставалось существенно поврежденным даже после того, как экспериментатор снял швы.

А потом Маффеи слегка модифицировал идеи некоторых своих коллег, занимавшихся регенеративной медициной. Он ввел фермент бактериального происхождения, разрушающий молекулы ХСПГ, непосредственно в зрительную область коры головного мозга крысы. Произошло нечто удивительное: ослепший глаз крысы начал обретать зрение. Маффеи снова дал начало критическому периоду. Он убрал тормоза и увеличил пластичность мозга.

Хенш объясняет: в зрительной области коры хондроитинсульфатпротеогликаны образуют (как он это называет) «перинейронные сети» (ПНС). Они облегают нейроны, словно «перчатка» или «пленка для заворачивания продуктов», мешая их отросткам сталкиваться с дендритами других нейронов и формировать новые связи. Разрушив этот защитный слой, Маффеи освободил клетки мозга: теперь они снова могли связываться друг с другом.

Другие группы исследователей сумели выявить другие виды молекулярных тормозов. Со временем миелиновые оболочки

(липидный слой, окружающий аксоны) могут обрастать белками, словно днище корабля моллюсками: это препятствует выбрасыванию новых отростков и завязыванию контактов. Когда йельские ученые создали породу мышей с особыми мутациями, которые не позволяли их организму вырабатывать один из типов белков (так называемый рецептор Ного), у этих мышей не завершался критический период даже после того, как они окончательно взрослели.

У себя в лаборатории Хенш начал проверять, нельзя ли как-то манипулировать генами, кодирующими такие белки, для того чтобы увеличивать и уменьшать нейропластичность. Иными словами, он еще больше приблизился к демонстрации того, каким образом можно было бы создать «обучающую таблетку». Примечательно, что в 2013 г. Хенш показал это, давая взрослым добровольцам депакот — препарат, который обычно использовался для лечения «проблем с настроением» и эпилепсии. После приема вещества испытуемые должны были выполнять на компьютере определенные задания. Всего за две недели исследователь сумел резко увеличить их способность освоить умение, которое обычно можно приобрести только в детстве: умение опознать ту или иную ноту, не слыша перед этим другую ноту, с которой ее можно было бы сравнить. Этот талант именуется абсолютным слухом.

«Насколько мне известно, это первый случай, когда во взрослом состоянии удалось усовершенствовать музыкальный слух или приобрести абсолютный, — отмечает ученый. — А уж за две недели это явно никому раньше не удавалось. Такие манипуляции открывают возможности перемен. Но вам тоже нужно потрудиться, чтобы перемена действительно произошла».

«Биологическая наука дошла до того этапа, на котором мы уже не должны отчаиваться, не должны смиряться с тем, что мы утратили пластичность навсегда, — отмечает он. — Даже во взрослом состоянии ее можно регулировать в очень широком диапазоне. Причем способность закрывать критические периоды представляется такой же важной, как и способность открывать их. Так что нахождение способов временно снимать эти тормоза приобретает очень большое значение».

Даже без этих химических вмешательств мозг сохраняет способность меняться. Мы уже видели, что действие этих «тормозов» можно преодолевать с помощью достаточного количества повторений и достаточно долгой практики — подобно тому, как можно отбить кусок штукатурки, если достаточно много раз ударить по стене молотком.

Но те пациенты, которым Мерценич вживил кохлеарные

импланты, все-таки должны были много раз бить этим молотком. Им приходилось ждать несколько месяцев, прежде чем их мозг сумеет выковать новые нейронные пути и научиться расшифровывать узоры электрических сигналов, которые теперь служат представлением звуков. Пэт Флетчер сумела сравнительно быстро адаптироваться к своей машинке, порождающей звуковые пейзажи, потому что некоторые из ее старых зрительных путей сохранились с тех времен, когда она еще обладала зрением (она прожила зрячей двадцать с лишним лет). Но ее мозгу все равно потребовалось еще несколько месяцев на то, чтобы научиться складывать из этих сигналов трехмерную картинку.

Случай Пэт Флетчер «является замечательным примером того, что нам никогда не следует сдаваться лишь из-за своего возраста, — подчеркивает Хенш. — Ее часть мозга, обычно обрабатывающая зрительные сигналы, лишилась этой возможности, но затем Пэт разрешила своему организму пронизать эту область другими связями. Этот факт дает основания предполагать, что даже взрослый мозг может приобрести значительную пластичность, если подобрать подходящие нейронные условия».

По мнению Хенша, когда-нибудь мы, быть может, сумеем найти способ искусственно ускорять этот процесс и использовать эти методы для ускорения и «открывания вновь» любого количества различных процессов обучения. Например, обретения способности научиться говорить на иностранном языке без акцента. Или способности впитывать информацию как губка. Или способности «переписать» свой мозг и научиться видеть ушами, как Пэт Флетчер. Или полной реабилитации для взрослых людей, перенесших инсульт.

* * *

За годы, прошедшие со времени первых экспериментов с Пэт Флетчер, неутомимый Амир Амеди, протеже Паскаля-Леоне, успел открыть собственную лабораторию в иерусалимском Еврейском университете. Он провел аналогичные опыты с десятками слепых. Кроме того, он расширил сферу своих изысканий и обнаружил: та область мозга, которая обрабатывает сигналы, касающиеся формы предметов, по-видимому, как-то связана и с обработкой цвета. А еще он разработал и представил новое устройство для сенсорного замещения, порождающее (как он это называет) «музыку глаз»: оно позволяет слепым «видеть» цвета по их соответствию определенным музыкальным инструментам. Со временем мозг учится ассоциировать эти различные тембры с различными цветами.

Сейчас Амеди размышляет над следующим шагом, вполне

логично вытекающим из предыдущих: как можно было бы использовать эту область мозга для улучшения воспринимающих качеств обычных людей. Амеди любит воображать себе какого-нибудь Джеймса Бонда, носящего наушники и миниатюрное устройство, подключенное к системе «vOICe», которая, в свою очередь, подсоединена не к обычной камере, а к инфракрасному или [другому] тепловому сенсору.

«Я называю эту схему „Только для ваших ушей“, — говорит Амеди. — Мы могли бы начать использовать сенсорное замещение для улучшения и дополнения характеристик восприятия, а не только для замены утраченных чувств».

Представьте, как Бонд проникает в здание и пробирается по коридору к логову главаря преступной сети. При помощи обычного зрения Бонд способен осматривать коридор перед собой — не появятся ли на линии его взгляда охранники или кто-нибудь еще, кто готов на него напасть. При этом Агент 007 может использовать систему «vOICe», чтобы смотреть сквозь стены в поисках «тепловых автографов» плохих парней, которые могут за ними скрываться. Теперь им не удастся застать его врасплох. Он даже может палить по ним прямо сквозь стены — еще до того, как они его увидят.

Амеди лишь начинает проводить исследования, призванные выяснить, какие области мозга могут быть задействованы для обработки этой информации. Но возможности уже сейчас открываются поистине интригующие. И ведь это еще только начало. Как выясняется, пластичность мозга не только помогает организму залечивать повреждения. Похоже, она еще и сказывается на нашей способности защищать себя в опасных ситуациях, хоть это и звучит неправдоподобно. Иными словами, та мудрость, которая каким-то образом хранится в нашем подсознании в виде синаптических связей, имеющих различную силу и формируемых под влиянием опыта (впечатлений, переживаний и т. п.), помогает нам избегать всевозможных бед. А значит, эта пластичность, быть может, объясняет не только загадку эффективности машинки «vOICe», которую использует Пэт, но и то, что все мы наверняка испытывали, однако из-за мимолетности и необъяснимости этого явления часто считаем просто плодом нашего воображения. Как мы увидим, не исключено, что пластичность мозга могла бы помочь нам раскрыть одну из главных загадок всего, что переживает человек. Речь идет об интуиции.

Глава 5
Солдаты с шестым чувством

Интуиция и имплицитное обучение

Молодой лейтенант пожарной службы провел свою команду в одноэтажный кливлендский дом на одну семью и направился в сторону главной зоны горения, которая находилась в задней части дома — в районе кухни. Пламя атаковали с помощью воды, но оно не унималось, а лишь с ревом вздымалось еще сильнее. Затем, после нескольких безуспешных попыток потушить огонь, группа отступила в гостиную. Лейтенант потом всегда думал, что это было как-то странно и жутковато: вода должна была подействовать сильнее.

Они стояли в гостиной и обсуждали, что им делать дальше. И вдруг у лейтенанта возникло ощущение из разряда тех, когда у вас пробегает холодок по спине или встают дыбом волосы. Он не мог бы точно сказать, что это такое. Он не мог бы точно сказать, что не так. Но ощущение было очень сильным и определенным — таким, какое могло бы возникнуть у нас с вами, если бы мы заметили чье-то лицо, которое угрожающе скалится на нас с другого края переполненной платформы метро, или увидели, как прямо на нас мчится автомобиль, потерявший управление. Лейтенант почувствовал: ему и его ребятам надо побыстрее выбираться отсюда.

Едва они выбежали наружу, провалился пол — как раз в том месте, где они перед этим стояли. Оказывается, под ними, в подвале, тоже бушевала огненная стихия, но они ее не видели и не слышали: эту опасность маскировали толстые полы в гостиной, заглушавшие рев разрушительного пламени. Если бы лейтенант не приказал своим подчиненным уходить, все они могли бы свалиться вниз, в пылающий ад. С этого дня пожарный твердо уверовал в экстрасенсорное восприятие (ЭСВ). Позже он настаивал в разговоре с Гэри Клейном, психологом, который изучал его случай: «шестое чувство» (так он его называл) входит в арсенал любого опытного командира.

«Всё это не представляется возможным, если исходить из всех научных данных, которыми мы располагаем, — сказал мне Клейн, очень обходительный исследователь с шаловливой улыбкой на лице. Мы обсуждали описанные им в книге «Источники силы» (1999) многочисленные случаи решений, принимаемых в экстремальных ситуациях, когда от таких решений зависит жизнь

человека. — Это что-то подсознательное, интуитивное. Но в этом нет ничего магического. Люди действительно могут это делать. Они постоянно принимают такого рода решения в условиях острой нехватки времени и высокой степени неопределенности».

Начав целенаправленно искать подобные случаи, Клейн стал снова и снова обнаруживать примеры проявления этого «шестого чувства» в экстремальных ситуациях. Взять хотя бы действия капитана-лейтенанта Майкла Райли, офицера службы ПВО на британском эсминце «Глочестер». Однажды, в конце первой войны в Персидском заливе, в пять часов утра Райли заметил на экране радара точку, которая двигалась прямиком на его корабль. Эксперты позже будут настаивать, что объект имел практически те же размеры и скорость, что и боевые самолеты американских военно-морских сил, в течение многих дней постоянно курсировавшие над кораблем Райли. Специалисты утверждали: глядя на радар, никто не сумел бы определить, что имеет дело не с союзником, а с противником. Но у Райли возникло ощущение… даже больше, чем просто ощущение: через несколько секунд после того, как подозрительное пятнышко объявилось на радарном экране, он почему-то уже твердо знал, что это ракета «Шелкопряд» (они размером примерно со школьный автобус) и что она летит на него.

«Я был уверен, что мне осталось жить всего минуту», — позже рассказывал Райли, хотя сам он никак не мог объяснить, откуда он знал, что за объект движется в сторону корабля. Райли сделал нечто такое, чего обычно не стал бы делать в такой ситуации: глянул на второй радар, измерявший высоту движущихся объектов. И когда выяснилось, что объект летит ниже, чем обычно летят самолеты, он сбил эту штуку. Прошло четыре часа, полных напряжения, и наконец подтвердилось: капитан-лейтенант был прав. Своим поступком он спас множество жизней. Подобно тому, как Пэт Флетчер «видела!» без помощи глаз, Райли каким-то образом сумел увидеть ракету «Шелкопряд» — или, по меньшей мере, интуитивно почувствовал некую реальную, конкретную угрозу перед своим мысленным взором, хотя на самом деле он не видел ее собственными глазами.

Как такое возможно?

Все мы наверняка хоть раз испытывали что-то подобное: проявление «шестого чувства!», когда что-то «чуешь нутром». Внезапный яркий проблеск интуиции, одно из тех необъяснимых ощущений, когда вдруг, словно очнувшись от дремы, резко усиливаешь внимание или покрываешься пупырышками «гусиной кожи». Интуиция может казаться чем-то сверхъестественным, потусторонним, почти божественным. Но иногда такие

переживания очень раздражают или даже приводят в бешенство, поскольку часто мы понятия не имеем, почему на нас обрушилось такое ощущение.

Что же лежит в основе этого чувства? Почему кливлендский начальник пожарной команды и Майкл Райли прямо-таки знали, что их жизнь в опасности?

Это один из вопросов, на которые уже несколько десятков лет пытается ответить Клейн, один из пионеров области исследований, сложно именуемой «имитация реальных ситуаций принятия решений». Он обнаружил, что ответ не имеет никакого отношения к экстрасенсорике. Лейтенант пожарной охраны, когда его достаточно подробно расспросили, сумел припомнить, что пол, на котором он стоял, был слишком горячим и что пламя на кухне было слишком слабым, чтобы создать такой колоссальный жар. И хотя в его сознании этот факт не отложился (на это просто не было времени), органы чувств лейтенанта зафиксировали, что наблюдаемые факты противоречат друг другу. Именно это расхождение (которое Клейн называет «несоответствием паттернов») заставило его ощутить неведомую опасность.

Что касается Райли, то он (как позже предположил Клейн) уловил почти незаметную особенность, отличавшую первое появление на радарном экране точки «Шелкопряда» от первого появления любой точки, соответствующей американским самолетам. Эта разница была вызвана тем, что ракета двигалась на чуть меньшей высоте, чем самолеты. Его сознание не успело это отметить: расхождение длилось меньше секунды. Но хорошо натренированные органы чувств Райли знали: что-то не так. В результате у него и возникло тревожное ощущение.

Находки Клейна служат великолепной иллюстрацией древней мудрости, которая имеет множество далеко идущих последствий для всех нас. Эту истину всякий закаленный ветеран боевых действий наверняка имел случай проверить на собственной шкуре: в каждый момент наше сознание улавливает лишь небольшую долю того, что происходит вокруг, но другие составляющие нашего мозга в бешеном темпе просеивают этот поток сенсорной информации[22] и обрабатывают его. По большей части эта информация никогда не доходит до нашего сознания.

От Майка Мерценича и Пэт Флетчер мы уже узнали, что существует множество различных путей доставки сенсорной информации из внешнего мира в наш мозг и что можно даже усовершенствовать эти инструменты собирания органолептических данных. Но что происходит в мозгу после того, как эти сведения в него поступят?

Представьте, что мы сумеем каким-то образом проникнуть в

эти зоны мозга, за пределами нашего сознания просеивающие сенсорную информацию, и научиться лучше использовать их. Благодаря этому мы могли бы эффективнее работать. Мы могли бы повысить уровень своего интеллекта. И даже спасать жизни.

* * *

Рев отходящих поездов эхом отражается от бетонных стен туннеля вокруг меня, когда я встаю на невероятно длинный эскалатор, медленно возносящий меня из глубин вашингтонского метро в ясное и прохладное осеннее утро. Проехав под рекой Потомак, я очутился на севере штата Вирджиния. Мои глаза приспосабливаются к здешнему ослепительному солнцу и невольно устремляются на громоздящуюся в нескольких ярдах от меня фигуру с накачанными бицепсами. Фигура облачена в повседневную военную форму, имеет при себе автомат и внимательно смотрит на меня.

Я прибыл в Пентагон — центр управления всей военной мощью США. Но я приехал сюда не для того, чтобы встретиться с кем-то из тех, о ком вы сразу подумали: нет, речь идет не об одном из этих генералов с квадратной челюстью, которых вы часто видите по телевизору, и не о каком-нибудь суровом специалисте по военной стратегии. Я планирую побеседовать с представителями довольно редкостной породы солдат, входящими в небольшую элитную группу яйцеголовых пентагоновских гиков (о существовании этой группы большинство даже не подозревает). В Пентагоне они занимаются психологическими и нейрофизиологическими исследованиями. Вот уже несколько лет они работают над одним амбициозным проектом, цель которого выглядит весьма заманчиво: они ищут методы, способные помочь бойцам американской армии отточить свое «шестое чувство».

Отчасти меня привела сюда сама удивительная «супергеройская» природа искусственно созданного или искусственно модифицированного шестого чувства. Но меня влекли не только чистое интеллектуальное любопытство и зачарованность интересным феноменом. К тому времени я уже встретился с несколькими поразительными людьми, применяющими достижения науки и техники для того, чтобы приспособиться к обстоятельствам и вернуться к прежней жизни, компенсировав полученный их организмом ужасный ущерб, который мне даже трудно себе представить: последствия катастрофы на предприятии, острого обморожения, артобстрела, автомобильной аварии. Эти истории очень воодушевляют. Но иногда они еще и немного тревожат. Все такие случаи постоянно напоминают мне о моей собственной смертности, о хрупкости

человеческого опыта. Вот почему приобретает дополнительную привлекательность идея о том, что когда-нибудь мы, возможно, получим в свое распоряжение способы вообще избегать таких невзгод.

Бионика Хью Герра, коррекция мышц Ли Суини, звуковые пейзажи Пэт Флетчер, — всё это намекает на то, что внутри нас таятся неведомые силы, которые мы пока не научились использовать. Вполне логично предположить, что мы обладаем особой способностью не только исцелять себя, но и защищать себя. Если в нашем подсознании уже имеется нечто такое, к чему мы можем получить доступ (некая мудрость, некая жизненная сила, рожденная из суммы нашего опыта), невольно задаешься вопросом, нельзя ли сделать так, чтобы это «нечто» руководило нами не только в опасных ситуациях, но и вообще всякий раз, когда мы замерли в нерешительности или ощущаем растерянность.

Разумеется, не является никаким совпадением, что именно армейские специалисты составляют ту загадочную команду умников, которая занимается одним из самых перспективных проектов по части раскрытия тайны интуиции. Боевые действия — вещь опасная и смертоносная. Словно чтобы подчеркнуть это, мужчина, проходящий передо мной через металлодетектор в вестибюле, предлагает предварительно снять свой протез руки.

Шестое чувство, свойственное испытанным бойцам, очень ценится еще с каменного века, когда два племени пещерных людей впервые встретились на какой-нибудь равнине и атаковали друг друга при помощи дубинок. В годы вьетнамской войны истории о сотрудниках спецназа вроде Рэмбо, способных чуять опасность и останавливать свой патруль в нескольких футах от поджидающей засады, циркулировали так активно, что стали почти избитыми.

Ирак с его самодельными минами, спрятанными на самом виду, и гористая местность Афганистана, где так легко устраивать засады, оказались, вдобавок ко всему прочему, еще и идеальным испытательным полигоном для выяснения того, существует ли интуиция. Приступив к своим изысканиям, я выяснил: конечно же, почти с самого начала военных конфликтов в этих странах солдаты тайком обменивались байками, где встречались слова «интуиция», «нутром чуять» и «экстрасенс» — применительно к тем случаям, когда кто-то чудом уцелел, а кто-то спасся в последнюю секунду, «или вот еще у нас во взводе был один парень, так он всегда будто заранее знал, когда вот-вот всем наступит кирдык». И вскоре на это начали обращать внимание спецы из Пентагона.

«О таком часто слышишь, — говорит Питер Сквайр. Он занимается экспериментальной психологией и руководит сейчас очередным проектом ВМС по исследованию интуиции. — Обычно в подразделении имеется один человек с такими способностями, или же солдаты вспоминают о таком человеке, который нутром чуял, где мины. Подобные личности могут просто выйти, осмотреться и почувствовать: что-то не так. И они тут же замрут. И при этом часто оказывалось, что в реальных боевых условиях они таким манером обнаруживали самодельные взрывные устройства или что-то в этом роде».

В середине одного из дней 2006 г. тогдашний капитан-лейтенант Джозеф Кон, предшественник Сквайра, нейрофизиолог, окончивший Университет Брандайса, находился в Центре военно-морской авиации США (Орландо, штат Флорида) и разговорился на эту тему с одним полковником морской пехоты. Перед этим как раз выдалось несколько месяцев, в течение которых пресса успела описать целый ряд очень убедительных случаев проявления интуиции. Так, рассказывалось о сержанте, воевавшем в Ираке и предугадавшем взрыв бомбы, болтая с женой по мобильному телефону в интернет-кафе военной базы. Сержант заметил снаружи какого-то человека — и у него возникло, что называется, «предчувствие». Он стал внимательно наблюдать за незнакомцем и вскочил, как только тот подложил под стену какой-то пакет и пустился бежать. Наш сержант тут же закричал, чтобы все покинули помещение. Или взять историю об уцелевших бойцах канадского взвода, который попал в засаду на плантации марихуаны возле здания школы в афганском Кандагаре. Некоторые из них клялись, что в них зашевелилось «шестое чувство» за несколько мгновений до того, как талибанские ракеты разорвали утреннюю тишину.

В тот день в Орландо полковник заявил, что он не сомневается: к этим рассказам стоит прислушаться. Более того, он сообщил Кону, что в его собственном отряде тоже имелся сержант, наделенный шестым чувством, притом настолько острым, что всякому хотелось пойти в патруль именно вместе с ним.

«Казалось, он всегда заранее знает, когда пригнуться, когда стрелять. Заранее, еще до того, как что-то такое начнется, — сказал полковник Кону. — Если мы проводили зачистку зданий, он всегда чуял, когда дело вот-вот обернется скверно. Он-то как раз всегда и говорил другим парням:‚А ну живо в укрытие!"»^

И тут полковник задал вопрос, который заставил Кона призадуматься:

— А у вас, док, не получится устроить так, чтобы люди могли

делать всякие такие штуки?

Идея казалась довольно фантастической. Но работа Кона как раз и состояла в высматривании разного рода фантастических идей.

Кон сидит в тесном конференц-зале где-то в самой глубине лабиринта подземных «кишок Пентагона» и рассказывает мне свою историю. Этот коренастый моряк с ежиком волос, тронутых сединой, и лицом, на котором еще не проступили морщины, одет в коричневатую военно-морскую форму. Он только что прошел очередную обязательную проверку физической подготовки. Он шутливо замечает, что завалил бы взвешивание, если бы сегодня утром позавтракал. Впрочем, Кон подтянут и мускулист, как и большинство солдат, моряков и летчиков, повстречавшихся мне по пути в извилистых коридорах, освещенных флуоресцентными лампами.

В 1998 г. Кон получил в Университете Брандайса степень кандидата наук в области нейрофизиологии. С тех пор он использует полученные знания для того, чтобы разбираться в том, что происходит в голове у американских солдат, и пытаться усовершенствовать эти процессы. В середине 2000-х он был одним из руководителей программ в Управлении перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA). Официальная миссия Управления — финансировать научно-исследовательские идеи в сфере национальной безопасности, которые многим кажутся совершенно нереализуемыми. Более того, в организации, похоже, даже считают: чем сложнее воплотить идею, тем лучше.

Работа здешних менеджеров проектов состоит в том, чтобы ставить провокационные вопросы в надежде, что в результате удастся разработать новые технологии, лежащие далеко за пределами непосредственных армейских нужд (может быть, реальная потребность в них возникнет у армии не через пять и даже не через десять лет): эти технологии настолько сложны и фантастичны, что почти никакие другие правительственные организации или частные компании не пожелали бы их финансировать.

Именно DARPA заложило фундамент для возникновения Интернета и разработало систему глобального позиционирования (Global Positioning System, GPS). Управление финансирует исследования в области регенерации конечностей и кое-какие из самых передовых работ, касающихся протезирования, нейропластичности и приборов, обеспечивающих прямое взаимодействие мозга и компьютера.

Кон задался вопросом: нельзя ли действительно научиться

выявлять интуицию как особое чувство — и даже количественно оценивать ее? Ему показалось: если это нечто такое, что реально происходит в мозгу, то наверняка должен существовать способ как-то отследить этот процесс, узнать, у каких людей он идет, а у каких нет. И наблюдать за ним в реальном времени. Это была очень вдохновляющая идея, поскольку (говорит Кон) «если это удастся сделать, тогда удастся придумать и методы тренировки этого качества».

«Как это вообще можно проделать — взять парня, выросшего где-нибудь в Монтане, высадить его на Ближнем Востоке, в чужой стране, и добиться, чтобы он внезапно обрел способность улавливать стимулы, признаки и намеки, которые сообщают ему: что-то не так? — вопрошает Кон. — Притом, что парень никогда раньше не видел этих мест и в детстве его не учили понимать эти стимулы и делать предсказания на их основе?»

На протяжении своей профессиональной карьеры Кон даже контролировал финансирование целого ряда исследований интуиции, которые дали любопытные результаты, позволявшие предположить, что интуиция — это и в самом деле нечто вполне ощутимое и реальное. Поговорив с полковником, о котором мы упоминали, Кон вновь стал штудировать научную литературу, чтобы освежить кое-что в памяти. Он вспомнил и о трудах ученых, с которыми он прежде работал. Ему сразу же пришло в голову имя человека, который исследовал действия пожарных в очаге возгорания. Эти исследования произвели настоящий переворот в науке. Ими занимался специалист по имени Гэри Клейн.

* * *

Йеллоу-Спрингс, штат Огайо: отсюда далековато до Пентагона. Городок представляет собой крошечную кучку строений, его деловой центр занимает всего несколько кварталов и окружен узеньким слоем живописных ферм, теряющихся в безбрежном море кукурузы. Поля раскинулись на многие мили. Этот простор явно сулит заманчивые возможности, таит в себе загадки. Здесь наверняка то и дело происходят необъяснимые происшествия, например появляются пресловутые круги на полях.

При этом возникает такое ощущение, что слава этого городка разносится куда громче, нежели тот ничтожный отпечаток, который он оставил в здешней географии. Вероятно, с 1850-х гг. он больше всего известен как родина Антиохийского колледжа (одно из самых либеральных в стране), в свое время ставшего приютом длинноволосых хиппи и разного рода общественно-политических движений. К тому же городок остается популярным среди туристов из больших городов, приезжающих сюда на

выходные как в своего рода Вудсток Среднего Запада. Известный комик Дэвид Шапелл — обладатель поместья, расположенного рядом с городком.

Много лет Йеллоу-Спрингс служит еще и одним из центров исследований интуиции благодаря тому, что здесь давно живет Гэри Клейн.

Клейн занялся изучением интуиции не сразу. Поначалу этого бородатого психолога интересовал вопрос, совершенно с ней, казалось бы, не связанный. Ему хотелось выяснить, каким образом люди принимают по-настоящему трудные решения в условиях неопределенности и острой нехватки времени. Иными словами, как они ухитряются функционировать при жесточайшем стрессе?

Это было в середине 80-х. В ту пору вся научная литература, которую читал Клейн, утверждала, что человек не должен обладать способностью принимать рациональные решения в такого рода высокострессовых ситуациях. Подобные обстоятельства зачастую требуют спонтанных решений, которые принимаются за ограниченное время, не позволяющее полностью взвесить все варианты, требующие рассмотрения. Рискованность ситуации (положение, когда ставки очень высоки) и гормоны стресса способны ошеломить даже самого расслабленного человека. Однако складывалось впечатление, что полицейские, биржевые брокеры и опытные армейские командиры все-таки принимают решения — верные решения — даже тогда, когда находятся под огромным давлением. И это происходит постоянно. Что же отличает их от тех, кто в таких случаях замирает, точно дикое животное в свете фар мчащейся на него машины?

Клейн уже тогда осознавал, что этот вопрос чрезвычайно интересует американских военных. Получив в Питтсбургском университете степень кандидата наук в области экспериментальной психологии и по-настоящему войдя в мир науки, Клейн стал работать психологом-исследователем в Военно-воздушных силах США. В 1978 г. он основал собственную научно-исследовательскую фирму. Для него показалось вполне естественным и дальше выполнять работу для военных, тем более что он сохранил в армейских кругах массу связей. В середине 80-х многие из его армейских «контактов» начали обращаться к нему с вопросами о принятии решений в боевой обстановке. К примеру, им хотелось знать: что происходит, если намеченный план проваливается и вам приходится импровизировать? Что, если вы сталкиваетесь с какой-то неожиданностью: скажем, с вражеским лагерем посреди джунглей, о котором вы ничего не знали и в котором базируется подразделение, по численности существенно

превосходящее ваше собственное? Что нужно, чтобы принять верное решение буквально на бегу, и как натренировать бойцов так, чтобы они принимали при этом более эффективные решения?

Институт поведенческих и общественных наук Министерства обороны США стал одной из организаций, наиболее активно финансировавших исследования, нацеленные на то, чтобы дать ответ именно на эти вопросы. Армейские знакомые Клейна твердили ему одно и то же: все результаты этих изысканий неудовлетворительны, все рекомендации, которые дают проводящие их ученые, бесполезны. Проблема заключалась в том, что предпочитаемые этими исследователями условия экспериментов мало походили на те, в которые реальные бойцы могли попасть в ходе реальных боевых действий. Одно дело — куча первокурсников колледжа, сидящих в тщательно контролируемой лаборатории и отвечающих на вопросы теста. Совсем другое дело — солдат, который попадает в засаду, или боевой командир, находящийся под жесточайшим давлением, внезапно получающий важнейшую информацию и тут же меняющий свой план.

Так что когда военные все-таки призвали исследователей снова заняться этой проблемой, Клейн прислал им проект, где выступал за совершенно иной подход. Вместо чистеньких лабораторных условий, контролируемых весьма строго, ученый предлагал нечто куда более «грязное»: он намеревался сам отправиться на поле боевых действий, чтобы понаблюдать за тем, как работают профессионалы, которые словно бы бросают вызов устоявшимся нормам. Лишь после этого он мог бы попытаться выяснить, что же необычного в их приемах.

«Я не хотел заниматься такими же исследованиями, какие делали все остальные, потому что они искали не в том месте, — заявляет он. — Мы имеем дело с реальным мастерством. Всё, что известно науке, показывает, что это так не бывает, что эти люди не должны обладать способностью принимать такие решения, которые касаются жизни и смерти, в условиях цейтнота и неопределенности. Тем не менее люди на это способны».

Клейн предложил военным финансировать исследование действий пожарных. Вскоре он вместе со своей командой, получив средства на эту работу, стал колесить по множеству пожарных частей Среднего Запада, посещая города вроде Дейтона или Индианаполиса, выезжая вместе с профессиональными огнеборцами на большие пожары, а иногда сидя с опытными командирами пожарных в их кабинетах, чтобы послушать истории из их боевого прошлого. Одним из любимых мест для посещения стал Кливленд, поскольку там имелось немало

заброшенных строений, постепенно приходящих в негодность: вероятность возгорания была для них особенно высока.

Приступая к проекту, Клейн неплохо представлял себе, что он может обнаружить. Он предполагал, что опытные командиры пожарных берут некий ограниченный диапазон вариантов для выбора и затем тщательно взвешивают все «За» и «против». В условиях острого цейтнота они могут рассматривать всего два-три варианта — сравнивая предпочтительный с остальными перед тем, как начать действовать. Но при этом вполне возможно (считал ученый), что даже в таких экстремальных обстоятельствах командиры используют обычный подход, предполагающий рассмотрение множества возможных вариантов действий. Иными словами, Клейн, как и большинство людей (в том числе и авторов психологических работ, написанных к тому времени), ожидал, что сознание каждого командира при этом опирается на какие-то логические методы.

Предположение, что командир может рассматривать лишь два варианта действий, казалось тогда Клейну довольно «смелой гипотезой», поскольку оно шло вразрез с общепринятой идеей о том, что мы перебираем множество различных путей, прежде чем приходим к определенному решению. Но Клейн вскоре обнаружил, что он даже слишком консервативен в своих оценках. Снова и снова он убеждался: командиры рассматривают лишь один вариант. Они просто «знают», что делать. Их сознание вообще не взвешивает все «за» и «против»: в лучшем случае они просто заранее представляют, как будет разворачиваться соответствующий сценарий. К тому времени, когда выбранный подход всплывет на поверхность их сознания, они уже успеют решить, что именно он будет оптимальным. Получалось, что в таких обстоятельствах они действуют, опираясь исключительно на воображение и инстинкт.

«Нас это очень поразило, ведь мы этого совершенно не ожидали, — вспоминает Клейн. — Ну как это может быть, чтобы вы рассматривали только один-единственный вариант? Но штука в том, что у них за плечами двадцать лет работы. Эта способность — продукт двадцатилетнего опыта».

Как выяснилось, двадцатилетний опыт позволял пожарникам научиться «сопоставлению паттернов» (как это назвал Клейн). Похоже, этот процесс позволял учитывать огромный диапазон сенсорной информации, причем каким-то образом это происходило без всякого участия сознания. Вместо того чтобы взвесить варианты, эти ветераны просто говорили: «Я знаю, что тут происходит, поэтому я знаю, как мне надо поступить». После того как этот первый вариант приходил им в голову, командиры

вовсе не сравнивали его с другими. Они оценивали, будет ли он работать, представляя, как будут разворачиваться события, если применить такой подход. Если они находили недочеты в своем плане, они переходили к следующему (как бы занимающему второе место в рейтинге условной эффективности), который тоже, казалось, сам внезапно приходил им на ум.

«Это был бессознательный, интуитивный процесс, но он совсем не был каким-то магическим, — говорит Клейн. — Вы смотрите на ситуацию и как бы говорите: я знаю, что здесь происходит, я такое видел раньше, я могу распознать такие-то и такие-то признаки. А все исследователи, которые придерживались традиционных методов, брали желторотых студентиков колледжа и давали им задания, которых они раньше и в глаза не видели, так что никакого опыта по этой части у них не было. Поэтому такие экспериментаторы и не смогли уловить эту способность».

Из клейновской модели следует вывод, который мог бы помочь объяснить, почему пожарный, о котором мы рассказывали в начале главы, знал, когда вывести своих людей из горящего дома, и почему капитан-лейтенант Майкл Райли, служивший на корабле «Глочестер», сумел вовремя сбить ракету «Шелкопряд», и почему сержант, воевавший в Иряке, всегда чувствовал, когда нужно пригнуться.

Мозговая аппаратура, сопоставляющая паттерны (узоры, закономерности и т. п.) и работающая на подсознательном уровне, могла бы помочь соединить проблему с решением. Но Клейн полагает, что она способна также обнаруживать несоответствия — те аномалии, которые служат для нас предостерегающими знаками, показывая: происходит нечто необычное, из ряда вон выходящее, что-то не так. Вот почему мы обладаем «шестым чувством». Вот почему кливлендский командир пожарных знал, что ему нужно вывести свою группу из пылающего здания, за секунды до того, как провалился пол. Командир не осознавал, что языки пламени на кухне недостаточно большие, чтобы создать такой жар вокруг огнеборцев: в то время он не мог бы вам об этом сказать. У него лишь возникло какое-то «предчувствие». Он просто знал: что-то не так, настолько «не так», что у него буквально волосы дыбом встали. Клейн был уверен: где-то в другой области мозга пожарного всё это время обрабатывалась поступающая от органов чувств информация. Эта-то обработка и породила вывод о «несоответствии паттернов», который заставил зазвенеть внутренние сигналы тревоги. Тогда Клейн не располагал технологиями сканирования мозга (которые имеются в нашем распоряжении сегодня) и не мог наблюдать, как эти процессы

разворачиваются в реальном времени. Но его гипотеза все равно оказала огромное влияние на дальнейшее развитие науки.

Основная мысль Клейна заключалась в том, что профессиональный опыт порождает интуицию, что все эти догадки (когда они оказываются верными) на самом деле просто служат проявлением еще одной формы бессознательного знания. Клейн размышлял о проблеме именно таким образом и описывал ее именно такими словами, поскольку по образованию он был психолог, а не какой-нибудь нейрофизиолог. Однако в каком-то смысле он натолкнулся на ту же самую мысль, которая лежала в основе работ Майка Мерценича и Альваро Паскаля-Леоне.

Как мы уже знаем, Мерценич пришел к выводу, что мозг — это, в сущности, хитроумная машина для распознавания узоров и закономерностей. Эта машина динамична, она постоянно меняется и способна совершать настоящие подвиги по части ассоциативного обучения. Так, мозг тех, кому Мерценич вживил кохлеарные импланты, научился ассоциировать определенные последовательности электрических стимулов с определенными звуками и словами, предназначенными для передачи идей внешнего мира. Мозг приспособился к этому новому «устройству приема информации», появившемуся в слуховой системе организма. И эта адаптация нашла отражение в самой что ни на есть материальной структуре мозга. Что касается клейновских пожарных (во всяком случае, к такому предположению, похоже, склонялся сам Клейн), то их мозг научился ассоциировать определенные сенсорные стимулы (степень нагретости воздуха, те или иные звуки) с различными внешними условиями — например, с опасностью того, что мощный пожар, бушующий в подвале, будет до поры до времени замаскирован толстым полом гостиной.

Именно умение сопоставлять паттерны позволило опытным пожарным, работу которых изучал Клейн, принимать решения на ходу и обнаруживать аномалии, которые тревожили их шестое чувство. Аналогичное умение сопоставлять паттерны позволило глухим пациентам Мерценича слышать, анализируя узоры электрических импульсов, характер которых всегда соответствовал тем или иным звукам. Примечательно, что в обоих случаях (преобразования электрических стимулов в осмысленные звуки и преобразования сенсорных стимулов в предчувствие опасности) эти ассоциации формировались — и оставались — где-то за пределами сознания.

Прочитав работу Клейна о пожарных, Джозеф Кон тут же задался довольно очевидным вопросом. Если «несоответствие паттернов» действительно включало сигнал тревоги в мозгу

клейновского пожарного и того сержанта, о котором рассказывал полковник, что же при этом происходит в мозгу? Возможно ли, чтобы анализ столь высокого уровня шел вне «сознательных» областей мозга, которые мы ассоциируем с интеллектуальной деятельностью и сознанием как таковым? Как восприятие этого несоответствия паттернов проявляется в мозгу? И можем ли мы детектировать такое восприятие?

Кон понимал: если он сумеет ответить на такие вопросы, то откроет перед наукой целый ряд самых заманчивых возможностей. Если он отыщет «Нейронный автограф» интуиции, военным, быть может, действительно удастся разработать методы ее тренировки и целенаправленного применения для того, чтобы сделать принятие решений более эффективным.

Но с чего следовало бы начать такие исследования? Пока Клейн не знал даже этого.

* * *

В фильме «Без границ» [«Limitless»][23] Брэдли Купер играет 35-летнего писателя, терзаемого душевными переживаниями: его только что бросила подружка, его парализуют сомнения в себе, он слишком много курит и, похоже, упустил «поворот», который ведет к нормальной жизни. Иными словами, он реализует свой потенциал далеко не в полной мере. А потом он начинает принимать загадочные таблетки под названием «NZT», которые позволяют ему легко получать доступ к тем «80 % >> собственного мозга, которые обычно находятся вне пределов досягаемости своего обладателя. Всего за четыре дня он пишет новую книгу. Всего за несколько дней герой Купера превращается в подтянутого, элегантного, ухоженного человека, гениального биржевого игрока. К концу фильма он уже вот-вот победит на выборах в Сенат США, и создается полное впечатление, что в дальнейшем ему явно светит президентство. Увидев эту картину, я подумал: вот парень, за которого я могу переживать и с которым я могу себя ассоциировать. И я поймал себя на том, что невольно задаюсь вопросом: может, и я тоже гожусь в президенты?

Увы, сообщил мне Кон (теперь он уже в чине коммандера[24]), идея о том, что обычно мы задействуем лишь 10 % (или, как утверждается в фильме «Без границ», 20 %) своего мозга, неверна. Истина (на которой настаивал еще самый первый преподаватель нейрофизиологии, к которому Кон попал в Университете Брандайса) состоит в том, что никто так и не разработал метод сколько-нибудь достоверного количественного измерения общего уровня активности всего мозга. И даже если бы подобный метод существовал, сама идея о таком процентном распределении

просто лишена смысла с эволюционной точки зрения. Природа отличается безжалостной эффективностью. Если бы нам не нужны были все 100 % наших мозговых клеток, они не пережили бы жестокую плавку естественного отбора. Клетки мозга требуют для своего существования слишком много энергии, чтобы организм мог себе позволить их постоянное бездействие.

Однако миф о 10 % не зря укоренился в общественном сознании. (Еще один недавно вышедший фильм, «Люси», со Скарлет Йохансон в главной роли, тоже использует это представление в качестве сюжетной идеи.) Основная часть происходящего в нашем мозгу действительно совершается за пределами нашего сознания: эту истину я узнал уже в свой первый университетский год, когда в рамках курса психологии нам читали вводную лекцию о трудах Зигмунда Фрейда. В своих исследованиях Фрейд концентрировался на подавляемых травматических воспоминаниях или эмоциях, которые, хоть и пребывают за пределами нашего сознания, вызывают у нас, к примеру, развитие необъяснимой фобии или странного влечения.

Кона интересовал совсем другой тип не осознаваемой нами нейронной деятельности — бессознательное восприятие. По этому поводу тоже написано много исследований. В частности, ученые уже несколько десятилетий знают, что зрительная система человека способна регистрировать информацию с головокружительной скоростью, которая намного превосходит ту скорость, с которой мы способны сознательно обрабатывать все эти сигналы. С какой именно скоростью? Не верится, но наш мозг теоретически может регистрировать изображения со скоростью 36 000 картинок в час. Это 864 000 изображений в сутки.

Ученые, работавшие в Гарварде, определили эту величину еще в 60-е годы. Для этого они, вырезав картинки из журналов, склеили их в небольшой фильм, попросили испытуемых высматривать определенные изображения и затем стали проецировать этот фильм на экран с помощью 16-миллиметрового проектора, варьируя скорость движения пленки. Эту методику изобрела Мэри («Молли») Поттер, исследовательница, ставшая одним из пионеров этих работ по изучению зрения. Поттер назвала ее быстрым последовательным визуальным предъявлением (БПВП, rapid serial visual presentation, RSVP). Если Поттер заранее сообщала испытуемым, какие изображения искать (сцену в ресторане, красный пожарный гидрант, рыбку в аквариуме), то эти люди оказывались способны обнаруживать присутствие этой картинки в невероятно стремительном потоке визуальной информации — даже когда фильм показывали на максимальной скорости (10 картинок в

секунду).

Но если испытуемых не просили высматривать определенную картинку до начала опыта, сознательно они часто вообще не регистрировали присутствие многих таких изображений. Не то чтобы они их не видели. Первая часть поттеровского эксперимента ясно показывала, что они вполне способны видеть картинки и сообщать об их присутствии, если им только заранее скажут: ищите то-то и то-то. Но если они не занимались активным поиском конкретных изображений, мозг быстро упускал из виду такие картинки. Мелькающие образы запечатлевались на какое-то мгновение (если вообще запечатлевались) в эфемерной форме памяти, которую Поттер именует «кратковременной концептуальной памятью». А потом мозг «отпускал» их, — и они мгновенно забывались.

«Мы сразу же поняли: бог ты мой, они и правда понимают эти картинки, когда те сменяются с такой скоростью, да только вот это понимание — мимолетное, — объясняет Поттер свои результаты. — Они просто не успевают зацепиться за эти образы. Если вы посмотрите на эту картинку еще секунду, то вспомните ее даже через год. Но картинки мелькают гораздо быстрее, так что через мгновение они уже изглаживаются из вашей памяти»[25].

Имея в виду результаты этих экспериментов, легко объяснить, каким образом Майкл Райли сумел вовремя понять, что на экране радара — именно ракета, а не самолет союзников. Нетрудно и понять, почему Пентагон должен интересоваться возможностями эксплуатации этой способности. Собственно говоря, Кон отнюдь не первый из ученых, сотрудничающих с Пентагоном, который пытался нащупать такие возможности.

«Мозг знает больше, чем вы думаете, — заявила в разговоре со мной нейрофизиолог Эми Круз, еще до Кона игравшая ключевую роль в разработке целого ряда проектов Министерства обороны (теперь она уже не сотрудничает с военными). — Эволюция научила нашу систему восприятия реагировать очень быстро, понимаете?[26] По сути, нас замедляют всякие познавательные процессы, весь этот груз, который ассоциируется с "мыслительной" составляющей нашего мозга».

В начале 2000-х Круз в числе других нейрофизиологов работала над проектом, который именовался исследованиями «расширенного познания» (augmented cognition, AugCog): DARPA выделило на него свыше 100 млн долларов, пытаясь выяснить, какими путями Министерство обороны могло бы сделать своих вояк «умнее». Именно эта программа породила технологию, которой позже воспользуется Кон для работы над собственным

проектом.

Программу «AugCog» вначале возглавлял Дилан Шморроу, специалист по поведенческой психологии, работавший в американских ВМС. Объясняя, почему они взялись за этот проект, он любит цитировать комикс «На далекой стороне» [«The Far Side»] — ту сцену, где ученик в классе поднимает руку: «Мистер Осборн, можно выйти? У меня мозг переполняется». Изначальная идея Шморроу была довольно проста: он намеревался выяснить, какие части мозга и когда «насыщаются» информацией и как они перенаправляют новую поступающую информацию куда-то еще.

Для этого он финансировал развитие новых чувствительных методов, способных в реальном времени следить за состоянием мозга и анализировать его сигналы. Поначалу Шморроу считал, что ключ к «расширенному познанию» — умение справляться с потоком информации, поступающей в различные части мозга, среди которых немалую роль играет оперативная память, эта «доска», на которую мы временно заносим сознательно воспринимаемую информацию, необходимую нам для того, чтобы действовать в этом мире. Как выясняется, у нас несколько, видов оперативной памяти: один — для хранения пространственной информации, другой — для хранения словесной и символьной. И когда одна из этих емкостей заполняется, это совершенно не значит, что и в другой тоже не осталось свободного места. При помощи возникавших тогда технологий сканирования мозга Шморроу пытался в реальном времени отслеживать эти состояния, изучая мозг испытуемых-пилотов, определяя, когда напор информации становится для них слишком сильным, и придумывая методы вмешательства, которые могли бы помочь летчикам более эффективно обрабатывать тот поток сенсорных подробностей, который, как выяснила Поттер и другие ученые, непрерывно поступает в наш мозг.

В рамках одного из наиболее впечатляющих демонстрационных проектов, которые курировал Шморроу, одна из групп, которые он финансировал, разработала интерфейс для прямой связи мозга с компьютером, позволявший испытуемым одновременно управлять целыми 12 дронами, не совершая при этом почти никаких ошибок. Группа, которую возглавляли специалисты компании Boeing, добилась такого результата, подключив пилотов к «мозговому сканеру», который в реальном времени загружал данные о работе мозга в программу распознавания паттернов. Эту программу заранее откалибровали так, чтобы она могла обнаруживать тот или иной рисунок мозговой активности, ассоциируемый с тем или иным типом перегруженности информацией. Заметив, что определенные

участки мозга достигли предельной загрузки, компьютер начинал представлять информацию в ином виде. Так, если машина обнаруживала общую когнитивную («познавательную») перезагрузку, она могла затемнить почти весь экран перед пилотом, резко сократив количество отвлекающих факторов и оставив лишь области, имеющие прямое отношение к заданию, которое в данный момент нужно выполнить наиболее срочно. Если система выявляла снижение уровня зрительного внимания пилота, она могла выдать звуковое оповещение: «Экран меняется, будьте внимательны!». Если переполнялась «вербальная» («словесная») оперативная память, устройство могло перенаправить поступающую информацию в «пространственные» области оперативной памяти, отображая сообщения на экране в виде картинок, а не в виде словесных команд.

Позже Круз и Шморроу пытались применить эти же технологии сканирования мозга для детектирования вспышек узнавания, возникающих на самом краю нашего сознания. Один из проектов, которые они финансировали, придумал инженер из Колумбийского университета по имени Пол Саджда, занимавшийся изучением зрительной системы головного мозга. В середине 90-х Саджда посетил Национальный центр расшифровки фотоснимков (National Photographic Interpretation Center, NPIC) аналитическое учреждение, созданное ЦРУ в Вашингтоне еще в 50-е годы. Ученый заметил, что всего по нескольким пикселям на экране работавшие в Центре мужчины и женщины могут опознать спутниковую антенну или хорошо закамуфлированный бункер — посреди оживленного мегаполиса или безлюдной пустыни. Казалось, им для этого и всматриваться особенно не надо. Это явно был еще один пример клейновского сопоставления паттернов.

Однако Саджда с удивлением узнал, что этим блистательным аналитикам не удается справиться с огромным объемом поступающей информации: им просто приходится смотреть на слишком большое количество картинок. Даже если бы эти эксперты сутками напролет сидели за экранами и постоянно сохраняли работоспособность, у них не было бы никаких шансов. Они захлебывались в потоке данных.

Саджда знал о результатах проведенных Поттер экспериментов со зрительной системой человека. Он задумался: нельзя ли как-то использовать эти находки, применив современные технологии?

«У человека великолепно развита система общего распознавания объектов, — рассуждал он. — А у компьютеров отлично получается методично просеивать колоссальные массивы

данных». Может быть, удастся «обвенчать» эти две системы? Основная часть средств, которые Шморроу отпустил на проект по развитию «расширенного познания», пошла на разработку неинвазивных [т. е. не вторгающихся в организм и не повреждающих его] портативных мозговых сканеров, в основе действия которых лежали такие технологии, как электроэнцефалография (ЭЭГ) и функциональная спектроскопия в ближнем инфракрасном диапазоне. Такие сканеры позволяли в реальном времени собирать данные о работе мозга и в потоковом режиме вводить их в компьютер. По мнению большинства специалистов, именно технологические достижения в этих областях, финансировавшиеся в рамках программы «AugCog», стали одним из главных результатов работы всей программы.

Правда, в то время эти технологии пока не могли справиться с задачей по высокоточному наведению именно на участки мозга, ассоциируемые с типами опыта, которые позже заинтересуют Кона. Тем не менее Саджда задался вопросом: нельзя ли найти способ выявить «нейронный автограф», связываемый с узнаванием чего-то знакомого в тот мимолетный момент, когда изображение появляется на ментальной «доске для записей» нашей оперативной памяти — и потом стирается с нее?

Саджда имел в виду один конкретный вид нейронного автографа: он читал о нем в научной литературе. В 60-е годы исследователи, экспериментировавшие с ЭЭГ, показали, что они могут надежно и достоверно детектировать определенный рисунок нейронной активности примерно через 300 мс после того, как испытуемый увидит фотографию или иной визуальный стимул, который ему удалось узнать или который аномален по сравнению с изображениями, увиденными им прежде. Эти ученые назвали такой нейронный автограф «откликом П-300». В ту пору понадобились многочисленные испытания и долгие часы кропотливого послеэкспериментального анализа для того, чтобы обнаружить даже столь смутные следы необходимой информации. Но если достаточно долго просеивать эти данные и очистить их от ненужного «шума», становится ясно: здесь постоянно прослеживается какой-то определенный рисунок меняющейся нейронной активности, который можно увидеть лишь в тех случаях, когда испытуемый заметил некий объект, на поиск коего был заранее настроен его мозг. Ученые-первопроходцы, обнаружившие этот «автограф», еще не обладали технологией, которая позволила бы им выяснить, что именно происходит при этом в мозгу. Но это не имело значения.

Благодаря финансированию, полученному от DARPA через программу Круз, неутомимый Саджда изобрел «зрительный

компьютер, подключенный к коре головного мозга» (cortically coupled computer vision, C3Vision). Саджда надевал на испытуемых своего рода шапочку для душа, к которой были подключены шесть десятков проводов. Затем он усаживал их перед экраном, на котором начинали очень быстро мелькать картинки — со скоростью 10 изображений в секунду. При такой стремительности смены картинок никому не могло хватить времени на то, чтобы по-настоящему изучить или обдумать их. Но, как обнаружил Саджда, этого оказалось достаточно для возбуждения «отклика П-300». Если испытуемый видел картинку, которую его заранее просили обнаружить (скажем, спутниковую антенну среди плотной городской застройки, сфотографированной сверху), то даже если она находилась на самом краю сознательного восприятия и даже если она проносилась мимо него, как размытое пятнышко, система детектировала «отклик П-300» в реальном времени. Затем Саджда прогонял этот снимок через компьютерную программу, которая выявляла его визуальные характеристики (расположение определенных линий, контрастность в определенной области и т. п.). После этого программа перебирала тысячи других изображений, выбирала из них те, которые обладают некоторым визуальным сходством с первым снимком, и сортировала картинки так, чтобы именно эти изображения аналитик увидел в начале следующего этапа работы. Устройство, созданное Садждой, могло проделывать всё это за какие-то секунды, резко повышая вероятность того, что аналитик увидит фотографии, представляющие для него интерес, в течение ограниченного времени, проводимого им за экраном.

«Наша система проведет быструю сортировку и позволит аналитикам перескакивать из одного региона в другой, экономя при этом время», — отмечает Саджда.

Круз добилась финансирования испытаний. этого прибора на аналитиках Национального агентства геопространственной разведки [куда входит и Национальный центр расшифровки фотоснимков]. Саджда сумел продемонстрировать, что он способен помочь аналитикам просеивать десятки тысяч фотографий со скоростями, которые раньше казались немыслимыми.

В 2007 г. Круз совместно с еще одним менеджером программ DARPA запустила вторую программу, получившую заманчивое прозвище «Бинокль Люка Скайуокера»: в первых «Звездных войнах» Люк обозревает далекий горизонт с помощью некоего высокотехнологичного зрительного прибора. Цель Круз состояла в создании устройства, которым солдаты смогут пользоваться на поле боя, озирая горизонт в поисках возможных угроз. Благодаря

средствам, полученным в рамках этого проекта, фирма HRL (одно из подразделений компании Boeing и один из субподрядчиков DARPA) в 2013 г. представила устройство, способное обнаруживать движущиеся транспортные средства на расстоянии 10 км, а пеших солдат противника на расстоянии, вдесятеро превышающем то, на котором их позволяли замечать самые лучшие из существующих аналогичных приборов (как в темноте, так и при дневном освещении). Кроме того, это устройство, именуемое Cognitive Technology Threat Warning System [«Когнитивная система предупреждения об угрозах»], позволяет бойцу постоянно мониторить все 360° окружающей территории, заодно во много раз увеличивая скорость, с которой он способен обнаруживать угрозы.

Этого удается достичь путем демонстрации солдату серии молниеносно чередующихся видеоклипов (длиной по пять кадров каждый). Информацию для них собирают оптические датчики, после чего эти клипы начинают мелькать в центре поля зрения бойца. Портативный электроэнцефалограф в реальном времени измеряет активность его мозга, выискивая «отклики П-300» и отбирая клипы, наиболее интересные для последующего рассмотрения. Быстро чередуя картинки, снятые для всех азимутальных направлений, устройство позволяет солдату постоянно контролировать гораздо более обширное поле зрения, нежели то, за которым он может следить лишь с помощью своей природной аппаратуры, возможности которой гораздо скромнее. По уверениям фирмы-разработчика, эта система может почти вдвое улучшать способность испытуемых обнаруживать угрожающие объекты.

* * *

Кон знал обо всех этих проектах. Но ему хотелось пойти еще дальше. Его не интересовало создание прибора, который улучшает показатели человека в данной сфере. Ученый предпочел бы прибор или технологию, которые он мог бы применить для реальной тренировки и совершенствования человеческого ума и сознания, чтобы вам не понадобился компьютер для обнаружения угроз на поле боя.

И потом, Кона не удовлетворяла работа с «откликом П-300», который мало что сообщает о том, что именно происходит в мозгу и где это происходит.

Кон понял: сначала ему надо бы как-то продемонстрировать, что он может найти гораздо более локализованный и специфичный мозговой сигнал. Чтобы доказать, что это и есть пресловутая «интуиция», ему затем потребуется доказать, что этот сигнал возникает, когда его испытуемые что-то знают, не

осознавая, что они это знают.

Воплотить эту идею было легче, нежели может показаться: существует много научных работ, дающих некоторые ценнейшие указания насчет того, как и где искать такие сигналы. Эти исследования провели, изучая мозг людей, которые во многих смыслах находятся на противоположном конце спектра функциональности по сравнению с клейновскими героическими пожарными. Речь идет о страдающих амнезией [потерей памяти].

Если вы хотите разобраться в умении мозга сохранять информацию за пределами сознания, люди, утратившие всякую способность откладывать новые сведения в долговременную память, могут служить идеальными пациентами для изучения, поскольку они не могут на уровне сознания понимать, что узнали нечто новое. Да и как им это понять? Они ведь не в состоянии запомнить, как научились чему-то новому. Изучая в XX в. страдающих амнезией, ученые обнаружили нечто очень их удивившее (и это открытие по сей день кажется противоречащим здравому смыслу): даже если человек лишен способности помнить, что вчера ел на обед, он все равно может полагаться на мощную природную аппаратуру, которой снабдил всех нас естественный отбор и которая гарантирует, что мы можем продолжать оттачивать это инстинктивное «нутряное чутье», которое в опасной ситуации может спасти нам жизнь. Современные ученые дали этому процессу название: имплицитное [скрытое] обучение.

Один из первых документированных случаев имплицитного обучения у больного амнезией описан более 100 лет назад швейцарским психологом Эдуаром Клапаредом. В 1911 г. он сообщил о 40-летней пациентке, страдающей амнезией. Ее состояние было связано с так называемой тиаминовой недостаточностью, которая поразила часть ее гиппокампа — мозговой структуры в форме морского конька [отсюда название], таящейся глубоко под корой. Пациентка сохранила воспоминания и умственные навыки, сформировавшиеся до болезни: она могла перечислить все европейские столицы, могла выполнять арифметические действия, могла поддерживать разговор. Но она была не в состоянии узнать врача, которого видела каждый день, и неважно, сколько раз доктор заново ей рекомендовался.

Клапаред задумался: нет ли исключений из этого правила. И вот однажды он спрятал в ладони булавку, прежде чем пожать пациентке руку. Когда острие укололо ее, она дернулась от боли. На другой день больная утверждала, что у нее нет никаких сознательных воспоминаний о прошедшем дне. И в самом деле: встретившись с врачом, она вела себя так, словно никогда раньше

его не видела. Но когда Клапаред снова представился и протянул руку, пациентка отказалась ее пожать. Она не могла объяснить, почему с таким недоумением смотрит на его ладонь. У нее не сохранилось никаких сознательных воспоминаний о вчерашнем булавочном уколе. Но откуда-то она знала, что пожать руку этому врачу — не лучшая идея. Не будет натяжкой заключить, что это стало «интуитивной догадкой».

Очень многое из того, что мы знаем и узнали с тех пор об имплицитной памяти (о вещах, которые мы знаем неведомо для себя самих), основано на изучении особенностей другого больного амнезией — утратившего способность формировать долговременные декларативные [сознательные] воспоминания в результате экспериментальной операции на мозге, которой он подвергся спустя четыре десятка лет после того, как Клапаред уколол свою пациентку булавкой. В 1953 г. Генри Густав Молисон (мир знал этого человека просто как Г. М. до самой его смерти, которая наступила в 2008-м) согласился на эту операцию в надежде облегчить острые эпилептические припадки, которые мучили его с тех пор, как в детстве он упал с велосипеда.

В 1953 г. ему было всего 27 лет. Просверлив отверстие в черепе Молисона, хирург из Коннектикута по имени Уильям Сковилл выкачал небольшую часть нервной ткани из области, залегающей в глубине мозга юноши. Эта область именуется средней височной долей. Она содержит и гиппокамп (зону, которая утратила функционирование у пациентки Клапареда), и расположенную поблизости миндалевидную зону, которая называется миндалиной. Затем врач проделал то же самое и с другой стороны мозга Г. М.

В результате Молисон стал гораздо меньше страдать от эпилептических припадков. Но вскоре проявились неожиданные побочные эффекты, и до конца своих дней Молисон был обречен жить в состоянии, которое Сьюзен Коркин (несколько десятков лет наблюдавшая этого пациента вместе с нейрофизиологом Брендой Милнер) назвала так же, как и свою книгу с описанием данного случая, вышедшую в 2013 г.: «Вечное настоящее».

Именно благодаря изучению случая Г. М. исследователи впервые начали понимать ту важнейшую роль, которую играет гиппокамп и связанные с ним структуры мозга в формировании долгосрочных воспоминаний. Со временем эти работы сделают Молисона одним из самых знаменитых среди всех людей, ставших объектами научных исследований в XX в. Более того, он стал объектом, оказавшим (по сравнению со своими собратьями-испытуемыми) едва ли не самое сильное влияние на дальнейшее развитие науки прошлого столетия. До него многие ученые с

порога отметали саму мысль о том, что существует лишь одна часть мозга, отвечающая за память, и что можно установить ее точное местонахождение. После того как стал известен случай Г. М., специалисты больше не оспаривали идею, согласно которой именно структуры средней височной доли играют главнейшую роль в формировании новых воспоминаний. И хотя Молисон по-прежнему мог ненадолго удерживать информацию в сознании, всё выглядело так, словно клерк, ответственный за кодирование этих данных и отправку их на долгосрочное хранение, вышел из здания архива и больше туда не возвращался. Как только информационный фрагмент исчезал из «поля зрения» Молисона, его сознание вело себя так, словно эти сведения утрачены навеки.

Однако в самый первый раз, когда Бренда Милнер, наставница Коркин, встретилась с Молисоном (в 1956-м, всего через три года после операции), она поняла, что это неполное представление. Милнер родилась в Великобритании, а училась в монреальском Университете Макгилла, где ее научными руководителями были великие нейрофизиологи Уайлдер Пенфилд и Дональд Хебб — тот самый, о чьих идеях «хеббовского обучения» и нейропластичности мы рассказывали в предыдущей главе. В 1955 г. Пенфилд направил Бренду Милнер в Хартфорд (штат Коннектикут), чтобы та осмотрела Молисона после того, как побеседует с его хирургом на одной из научных конференций.

Милнер подвергла Молисона целой серии тестов, которые подтвердили, что он совершенно не способен формировать долговременные воспоминания. Но результаты одного из испытаний, казалось, противоречат всем остальным.

Три дня подряд Милнер просила Молисона повторять карандашом очертания заранее нарисованной на листе бумаги пятиконечной звезды — так, чтобы карандаш не выходил за пределы звезды. Чтобы усложнить задачу, Милнер закрепляла лист на деревянной доске, поворачивая ее так, чтобы Молисону приходилось протягивать руку за металлический барьер и управлять собственными движениями, наблюдая за своей рукой в зеркале, установленном за барьером.

Поскольку зеркало дает перевернутое изображение, действовать было неудобно. Требовалось освоить новое умение. Но, снова и снова выполняя задание в первый день, Молисон начал приноравливаться к необычным условиям, и скорость, с которой он мог повторить очертания звезды, плавно и неуклонно возрастала. Явившись в лабораторию на второй день, Молисон вообще не помнил о том, как вчера выполнял задание (и о том, как он познакомился с Милнер). Но когда исследовательница снова подвергла его опыту со звездой и зеркалом, его результаты

как будто указывали на обратное: они были почти такими же хорошими, как в конце предыдущего дня. К третьему дню задание стало выполняться настолько легко, что это произвело впечатление даже на самого Молисона.

— Вот ведь странно, — не без гордости заметил Молисон после того, как он почти безупречно повторил силуэт звезды, полагая, что делает это впервые в жизни. — Я думал, это будет трудно. Но я, похоже, неплохо справился.

В последующие годы ученые покажут, что эта «недекларативная» [«бессознательная», «невербальная»] моторная память простирается и на другие сферы. В 1968 г. Милнер решила проверить способность Молисона неведомо для самого себя развивать перцептуальные умения [т. е. умения, касающиеся восприятия] и использовать их для того, чтобы выносить суждения, основанные на ограниченной перцептуальной информации (это уже напрямую связано с историей клейновских пожарных и шестым чувством у солдат, действия которых изучал Кон).

Милнер показала Молисону двадцать простеньких схематичных рисунков самых обычных предметов и животных вроде зонтика или слона. Она использовала пять наборов изображений одних и тех же объектов. Но первый набор содержал лишь немногочисленные фрагменты каждого объекта: их было так мало, что практически исключалась возможность опознания объекта с первого раза. Каждый следующий набор содержал всё больше и больше фрагментов, а последняя серия карточек демонстрировала объекты полностью: их можно было сразу же легко узнать.

— Сейчас я покажу вам неполные картинки, — предупредила Милнер испытуемого. — А вы мне будете говорить, что они изображают. Угадывайте, если вы не уверены.

В начале первого дня Милнер показала Молисону карточки с самыми неполными изображениями, чтобы задать некий стартовый уровень. Она посчитала количество ошибок, которые он допустил при распознавании объектов. Собственно говоря, он вообще ни одного не угадал. Затем она показала ему следующий набор, заранее перепутав порядок карточек, чтобы он не мог предсказать их последовательность. Исследовательница сообщила ему, что каждый набор немного легче предыдущего. Просмотрев все пять серий (последняя давала полные изображение объектов), Милнер повторила весь процесс с самого начала. К четвертому кругу Молисон уже мог без всяких ошибок угадывать, какие объекты изображены на каждой карточке, даже когда изображение содержало лишь минимальное число фрагментов, —

несмотря на то, что прежде он смотрел на эти же фрагменты, совершенно не понимая, что они означают.

Однако настоящая проверка началась час спустя. Этого времени было достаточно, чтобы гарантировать: у Молисона не осталось никакой эксплицитной [сознательной] памяти о том, что он когда-либо выполнял этот тест. Когда Милнер снова подвергла его проверке, результаты Молисона оказались лучше, чем в самом начале испытаний. На каком-то уровне он сохранил способность правильно классифицировать эти фрагменты, хотя полагал, что никогда их раньше не видел. Коркин повторила этот тест более десятилетия спустя — и результаты Молисона по-прежнему были лучше, чем при самой первой проверке.

В последующие годы ученые подтвердили существование сходного явления имплицитного (бессознательного) обучения, проводя эксперименты с людьми, обладающими нормальной памятью. В одном из вариантов опыта добровольцев с нормальной памятью просят смотреть на компьютерный экран, стремясь обнаружить мигающую звездочку (*) в одной из четырех возможных позиций. Согласно условиям опыта, каждое положение этого символа на экране соответствует своей клавише — A, B, C, D. Всякий раз, когда испытуемый увидит звездочку, он должен нажать на клавишу, отвечающую тому положению, в котором появился символ: тем самым испытуемый показывает, что заметил знак. Обычно в ходе испытания показывается последовательность из 12 звездочек, занимающих разные положения и демонстрируемых последовательно. А значит, испытуемый должен 12 раз выбрать одну из четырех клавиш.

Но испытуемым не сообщают, что одна и та же последовательность из 12 положений звездочек часто повторяется, а сами испытуемые крайне редко отмечают этот факт на сознательном уровне (а может быть, он вообще никогда не доходит до их сознания). Однако примечательно то, что после того, как эти последовательности промелькнули перед ними достаточное количество раз, испытуемые начинают быстрее реагировать на появляющиеся символы. Из этого можно сделать вывод, что испытуемые бессознательно выучивают последовательности, предвидя, в каком положении окажется очередная звездочка, и быстрее подносят палец к нужной клавише. (Когда экспериментаторы намеренно запутывают последовательность, испытуемые не замечают изменения на сознательном уровне, но скорость их реакции снижается.)

Этот вид сложного бессознательного перцептуального обучения (позже другие специалисты, также занимавшиеся Г. М., включили в исследование и другие сенсорные способности

высокого уровня) вполне можно уподобить талантам, которые в ходе [тоже бессознательного] обучения сформировались у клейновских опытных пожарных. В обоих случаях речь идет о знании, которое человек использует для того, чтобы выполнять процедуру сопоставления паттернов (как назвал ее Клейн).

Оказавшись в ситуации ограниченной перцептуальной информации (например, в горящем доме, где пожар на кухне легко заметить, но он издает недостаточно сильный шум, чтобы служить причиной жары в соседнем помещении), клейновские пожарные просто «знали»: что-то не так. Их командир не мог бы объяснить, каким образом он спас жизнь своим ребятам. Он знал, вот и всё. Он вовсе не был никаким экстрасенсом (хотя он сам на протяжении многих лет после инцидента был уверен, что обладает экстрасенсорными способностями). В ходе своей предшествующей работы он повидал сотни пожаров и каждый раз подвергался наплыву всех перцептуальных стимулов, которыми обычно сопровождаются эти бедствия. И когда в тот день он воспринял ограниченную комбинацию разрозненных фрагментов информации (на кухне и потом в гостиной), он сумел заполнить пробелы.

Где-то за пределами его сознания какая-то часть его мозга проделала сопоставление паттернов и пришла к выводу: опасность, срочно вон отсюда!

* * *

Чтобы добиться финансирования своих исследований интуиции, Джозеф Кон должен был как-то проникнуть внутрь мозга и доказать, что можно в режиме реального времени наблюдать работу этой самой интуиции. За помощью в разработке методики эксперимента Кон обратился к двум специалистам по интуиции, прежде сотрудничавшим с Гэри Клейном. Он подключил к своей работе и группу исследователей из Орегонского университета, которой руководил нейрофизиолог Дон Такер и его коллега Фан Луу: за несколько лет до этого они помогали создавать сенсорные технологии для программы «расширенного познания»[27].

Такера и Луу интересовало, как то, что мы видим при помощи наших сенсорных систем, взаимодействует с более примитивной и эмоциональной составляющей мозга, так называемой лимбической системой, довольно многообещающим местом для поиска инстинкта. Некоторые теоретики полагали, что в ходе эволюции лимбическая система возникла для того, чтобы управлять инстинктом «бей или беги». Поэтому казалось вполне логичным, что если инстинкт включает «сигналы тревоги» (если нам становится не по себе и мы чувствуем — что-то не так),

то за это включение отвечает именно лимбическая система. Такер и Луу надеялись как-то уловить и охарактеризовать тот момент, когда аномалии, обнаруженные сенсорными областями мозга, заставляют действовать лимбическую систему — совершенно без нашего сознательного участия. Иначе говоря, они хотели измерить «нутряное чутье».

Два исследователя решили показывать испытуемым неполные изображения объектов — фрагменты, похожие на те, которые в 1968 г. Бренда Милнер демонстрировала страдающему амнезией Генри Молисону. Только в этом эксперименте команда, работавшая под руководством Кона, намеревалась использовать изощренные технологии сканирования мозга (куда более эффективные, чем те, что существовали в 60-х-70-х годах) для отыскания нервного сигнала, который появляется в определенных областях мозга, лишь когда испытуемые подсознательно отмечают, что перед ними полное изображение объекта. Смогут ли Такер и Ли показать, что лишь по изучению результатов сканирования мозга можно определить те моменты, когда человек знает что-то, сам не зная, что он это знает?

Вместе со своей группой Такер обследовал мозг 22 студентов-добровольцев методами фМРТ и электроэнцефалографии высокого разрешения в те периоды, когда испытуемые сидели перед монитором и смотрели на череду очень быстро мелькавших изображений, общее количество которых составляло 200. Каждая картинка задерживалась на экране менее чем на полсекунды. 150 из этих изображений содержали фрагменты, которые являлись частями реальных объектов (как в опыте Милнер с Молисоном, оказавшем такое влияние на дальнейшее развитие науки). К примеру, речь могла идти о представленном в виде пикселей изображении части кровати или чашки.

Однако Такер и Луу заранее убрали так много пиксельных блоков, что при таком быстром мелькании изображений было практически невозможно в точности определить, что же изображено. Для сравнения экспериментаторы добавили 50 картинок, состоящих из бессмысленных фрагментов: эти пиксели случайным образом отобрала компьютерная программа, а затем их еще и перемешали. Такие картинки не являлись изображением фрагментов реальных объектов: они были просто «визуальным шумом».

Экспериментаторы дали испытуемом несложные инструкции: постарайтесь догадаться, какая картинка изображает реальный объект, а какая — всего лишь случайная комбинация пикселей. Сам объект называть не требовалось (собственно говоря, в таких условиях это вряд ли удалось бы сделать). Следовало лишь

попытаться как можно точнее догадаться, представляет ли картинка что-то реальное.

Кон сформулировал задание так: «Просто сообщайте нам, когда вы нутром чуете — тут показаны какие-то штуки или, наоборот, не показаны».

Экспериментаторы не особенно удивились, когда выяснилось: участники опыта примерно в 65 % случаев верно угадывают, что в показываемых фрагментах зашифрована осмысленная картинка. При этом в 14 % случаев они ошибочно сочли, что бессмысленные фрагменты служат изображением реального предмета. Но важнее всего то, что исследователи сумели выявить нейронный автограф, который позволял им лишь путем изучения результатов сканирования мозга испытуемых определять, когда они угадывают верно, а когда нет.

В тех случаях, когда испытуемые угадывали верно, характер мозговой активности отличался от фиксируемого при неверных догадках, причем, судя по всему, это отличие появлялось и начинало нарастать за 100 мс до того, как впечатление о картинке попадает в сознание (100 мс — примерно то время, которое нам требуется, чтобы моргнуть). Первоначальная гипотеза подтвердилась: эта мозговая активность представляла собой череду ритмических электрических колебаний, возникающих в сенсорных областях мозга и доходящих до лимбической системы — примитивных подсознательных областей, где гнездятся эмоции, а также реакции типа «бей или беги».

Одновременно мозг начинал порождать еще один повторяющийся (и более «глобальный») рисунок мозговых волн, колеблющихся в так называемом тета-диапазоне частот. «Подобный ритм часто наблюдается, когда мозг мобилизует свои разрозненные участки в определенную сеть, необходимую для выполнения конкретной задачи», — отмечает Кон. Это как если бы барабанная дробь призывала войска начать шагать в ногу. Только здесь такая «дробь» призывает мозг подготовиться к дальнейшему когнитивному анализу.

«О чем это нам говорило? О том, что, если у вас возникает проблеск интуиции, активируется ваша лимбическая система, вот почему вы нутром чуете: ух ты, что-то происходит! — объясняет Кон. — Но при этом другие части мозга начинают подключаться к этому процессу для того, чтобы помочь вам осмыслить эту информацию. Тот характер нейронной активности, который мы наблюдали, показал именно ЭТО».

Исследование, проведенное Такером и Луу, в самом деле вроде бы позволяет предположить: у пожарного, чьи органы

чувств обнаруживают, что ему, возможно, сейчас угрожает смертельная опасность, возникает «это странное ощущение» благодаря тому, что некий сигнал поступил в области мозга, которые служат нам для выживания как такового, причем этот сигнал далеко не сразу переправляется в сознательные зоны мозга. Пользуясь неполной информацией, эти примитивные области мозга начинают готовить организм к реагированию — на случай, если оно понадобится после того, как сознание наберет достаточное количество сенсорных данных для того, чтобы вынести информированное суждение.

Вскоре после того, как Такер и Луу осуществили это исследование, Кон перешел из DARPA в Управление военно-морских исследований ВМС США. Несмотря на изменение места работы, он был полон решимости сделать следующий шаг. Не прошло и года, как он добился одобрения более масштабной программы общей стоимостью 3,85 млн долларов. Проект был рассчитан на четыре года. Кон собирался не только продолжать описание интуиции, но и начать находить методы, какими ее можно тренировать.

* * *

В 1984 г. исследователи из Пенсильванского университета, работавшие с больными амнезией, отметили любопытный факт. После того как пациентам долго повторяли определенное слово или идею (скажем, «собаки» или «кошки»), они вскоре забывали, что такой разговор вообще имел место. Однако если затем экспериментаторы просили пациентов начать новую беседу на любую тему, какая их интересует, страдающие амнезией часто заговаривали о собаках вообще, или о терьерах, или о состязаниях гончих, или о кошках вообще, или о сиамских котятах, или о фильме «Гарфилд». Они забывали первоначальный разговор, но их мозг оказывался каким-то образом «подготовлен» к беседе о собаках или кошках.

Если вы впервые слышите песенку определенной телевизионной рекламы, а десять минут спустя вдруг обнаруживаете, что напеваете этот джингл, это и есть проявление прайминга [фиксирования установки] — такой вот подготовки мозга. Рекламщики (а также политики, участвующие в выборах) используют прайминг для того, чтобы представление об их «товаре» застряло у нас в голове.

По-видимому, прайминг представляет собой мощную и вездесущую форму имплицитной памяти. Это явление открыли сравнительно недавно, поскольку оно реализуется совершенно помимо сознания, а стало быть, его трудно обнаружить. Мы не подозреваем, что подверглись праймингу, пока нам кто-нибудь на

это не укажет. Однако прайминг играет настолько важную роль в человеческом опыте, что его нейронные корреляты [структуры, где он реализуется на нейронном уровне] можно найти в самых разных областях мозга, и такие структуры есть у каждого из нас. Более того, на пожилых людей, страдающих полной или частичной потерей долговременной памяти, прайминг оказывает такое же сильное воздействие, как и на молодых взрослых. Исследователи даже обнаружили, что воздействие прайминга на трехлетних детей и на студентов колледжа примерно одинаково по силе. Даже алкоголики, у которых случается потеря памяти, когда наутро они понятия не имеют, что вытворяли накануне вечером, все-таки могут, проснувшись, хрипло напевать песенку, которую они услышали перед сном, — именно благодаря эффектам прайминга. Представители всех этих групп могут с такой же [довольно высокой] вероятностью внезапно завести разговор о собаках, сами не зная почему, если они прошли прайминг, который подготовил их к этому.

Уже 20 лет исследователи применяют самые передовые для своего времени технологии сканирования мозга в попытке разобраться, что же именно происходит при прайминге. Используя полученные данные, они смогли расширить сферу изысканий, обратившись и к другим формам имплицитной памяти. Прайминг создает удобную отправную точку для таких исследований: он порождает нейронный автограф, который специалисты по изучению мозга и психологи могут применить, пытаясь выяснить, что же именно происходит в мозгу, когда мы приобретаем новое имплицитное знание и начинаем создание тех самых матриц [шаблонов], которыми так интересуется Кон (ему хотелось бы разработать методы, которые позволяли бы человеку целенаправленно научиться более эффективно создавать такие матрицы).

Примечательно, что получаемые результаты неплохо согласуются друг с другом. Когда испытуемые впервые видят объект, слышат слова или же каким-то иным образом воспринимают конкретный информационный паттерн [узор], свидетельства того, что этот стимул воспринят, едва ли не в первую очередь появляются в областях коры, предназначенных для обработки сенсорной информации [т. е. информации, поступающей от органов чувств]. Если мы имеем дело со зрительным стимулом, то можно пронаблюдать, как активизируются определенные участки зрительной области коры. Если информация поступает в виде звука, она отразится в зонах мозга, отвечающих за обработку аудиосигналов. Если же мы воспринимаем какую-то сложную идею, в результате может

активизироваться префронтальная кора.

Но вот в чем штука: когда испытуемые воспринимают этот объект, слово или паттерн во второй раз, активизируются те же самые участки мозга, однако с каждым следующим актом восприятия их активность обычно всё больше снижается. Такое явление называют «подавлением при повторении» [«repetition suppression»]. И хотя на первый взгляд оно может показаться противоречащим здравому смыслу, его причину нетрудно объяснить. Мозг просто всё более эффективно обрабатывает данный сигнал — благодаря нейропластичности.

«Каждая область коры обладает адаптивной способностью менять свою "схему подключения", основываясь на получаемом опыте, — разъясняет Пол Ребер, специалист по имплицитному обучению, работающий в Северо-Западном университете [штат Иллинойс]. — Поэтому если вы оказываетесь в ситуации, когда некоторые элементы вашего окружения знакомы вам и укладываются в уже известный вам рисунок, или если вы уже сталкивались с аналогичными случаями, мы могли бы искать в вашем мозгу нейронный автограф эффективной обработки информации о том, что вас окружает».

Ребер руководит текущей фазой проекта по исследованию интуиции, о котором мы говорили. Он ищет пути коррекции и тренировки сознания и подсознания, изменения параметров тех фильтров, которые помогают нам обрабатывать информацию об окружающем мире. Он уже не один десяток лет занимается исследованиями прайминга, имплицитного обучения и их нейронных коррелятов.

Чем чаще мы видим, слышим, испытываем что-то такое, с чем нам уже доводилось сталкиваться прежде, тем меньше нейронов будет активироваться в сенсорных областях мозга, однако они будут делать это с большей надежностью и постоянством. Робер объясняет, что это вполне логично с точки зрения практической реализации нейропластичности. Клеточные мембраны всех нейронов несут на себе слабый электрический заряд, который слегка меняется в ответ на всякий электрический сигнал, который данный нейрон получает от других нейронов через свои синапсы. Лишь когда электрический заряд нейрона превысит определенное пороговое значение, этот нейрон породит собственный электрический импульс. Как мы рассказывали в предыдущей главе, каждый раз, когда два нейрона дают импульс одновременно или почти одновременно, их связь друг с другом укрепляется: иными словами, электрические сигналы, идущие между ними туда-сюда, становятся сильнее всякий раз, когда хотя бы один из этих нейронов дает импульс. И наоборот: всякий раз,

когда эти два нейрона дают импульс «раздельно» (т. е. время между этими импульсами оказывается сравнительно большим), такие сигналы делаются чуть-чуть слабее.

Если иметь всё это в виду, становится понятно, почему наблюдается данное явление: чем чаще мы видим определенный объект, тем эффективнее становятся те связи, которые представляют его в зрительной области нашей коры. С каждым предъявлением объекта некоторые межнейронные связи всё больше укрепляются (для тех нейронов, которые дали импульс одновременно и поэтому образовали связь), а некоторые ослабевают (для тех нейронов, которые дали импульс врозь и поэтому теперь соединены не так прочно). Посредством этого процесса хеббовского обучения постепенно формируется новая цепочка связей — благодаря накоплению опыта. При каждом новом предъявлении этого объекта всё меньшее число нейронов дает импульс, однако те нейроны, которые все-таки делают это одновременно, становятся прочнее соединены друг с другом и более чувствительны к воздействию друг на друга. В результате мозг работает эффективнее. Да, меньшее количество нейронов порождает импульс, но те, которые это делают, порождают импульс более надежно и стабильно.

Ребер осознал, что это несложное правило имеет далеко идущие последствия с точки зрения процессов обучения.

Исследователь утверждает, что «статистический» элемент тоже играет роль в формировании мозговых связей, а значит, и в развитии «фильтров», которые могли бы позволить тренированному бойцу подсознательно вычленять из окружающей обстановки визуальные стимулы, не замечаемые другими.

«Каждая разновидность синапсов мозга обладает каким-то врожденным потенциалом пластичности, — объясняет Ребер. — Поэтому важно понять, что в основе действия механизмов имплицитного обучения еще и способность выхватывать те данные, которые вам предоставляет среда в силу чисто статистических факторов».

Чем чаще вы сталкиваетесь с определенным стимулом или группой стимулов, тем больше вероятность, что в будущем вы откликнетесь на эти стимулы, когда столкнетесь с ними снова, — и тем больше вероятность, что при этом будут активироваться и участки мозга, кодирующие те образы, которые вы стали ассоциировать с этими стимулами.

Отсюда возникает практический подход к тренировке интуиции. Ребер полагает, что для этого лучше всего подходят упражнения с многократными повторениями, как при развитии моторных навыков: скажем, умения подавать теннисный мяч,

правильно взмахивать бейсбольной битой, ездить на велосипеде.

Ребер начал свою профессиональную деятельность с изучения страдающих амнезией. Последние 30 лет он занимается исследованием того, как же происходит этот процесс обучения. Его сфера интересов сделала его идеальным экспертом для того, чтобы помочь Кону и его преемнику Питеру Сквайру вывести исследования интуиции на следующий уровень. Ведь если вы поймете, как формируются эти бессознательные фильтры, то вы сможете придумать, какими способами тренировать их формирование. Можно разработать программу, которая позволит парню из Вайоминга интуитивно ощущать опасность, когда он окажется в Ираке.

* * *

Года два назад Кон передал программу изучения интуиции в руки Сквайра, который сейчас управляет исследованиями, развивающимися по трем направлениям.

Первая задача — адаптировать лабораторные штудии (подобные тем, которыми занимался Ребер) к условиям, больше напоминающим боевые. С течением времени Ребер обнаружил ряд сходств между тем, что происходит в мозгу, когда мы всё лучше осваиваем какой-то практический навык (скажем, езду на велосипеде), и тем, что происходит в мозгу, когда мы всё лучше справляемся с заданиями по визуальному распознаванию. Исследователь обнаружил: по мере того как в одной зоне мозговая активность становится всё эффективнее и затрагивает меньшее число нейронов зрительной коры (в процессе «подавления при повторении»), в другой зоне активность повышается. Эта зона повышения активности — базальные ядра [подкорковые узлы]. Уже было известно, что они играют важнейшую роль в освоении сложных моторных навыков (таких как умение ездить на велосипеде или много раз подряд отбивать от земли баскетбольный мяч). Куда новее оказалась идея о том, что это средоточие так называемой моторной памяти еще и играет роль в ускорении процессов обработки зрительной информации нашим мозгом.

Это участие базальных ядер стало для Ребера еще одним подтверждением, что повторение — лучший способ обучить юнца из Вайоминга чувствовать присутствие самодельных взрывных устройств, попав в Ирак или в Афганистан (причем ему не придется сознательно думать об этом).

«Если вы хотите накачать эту „мозговую мышцу“, отвечающую за имплицитное обучение, то вам, скорее всего, придется прибегнуть к упражнениям вроде строевых. Создайте огромное множество сценариев и прогоните человека по

нескольким сотням из них, только предварительно зашейте в них определенные меняющиеся параметры, которые касаются именно тех обстоятельств, действия в которых он отрабатывает», — говорит Ребер.

В итоге еще до того, как боец сумеет это осознать, нейроны его зрительной коры будут автоматически реагировать на улику в виде недавно вскопанной земли, если ей будет сопутствовать еще один определенный стимул, например валяющийся рядом кусок провода.

Чтобы доказать применимость такой методики в боевых условиях, Ребер и его команда сегодня пытаются продемонстрировать, что они могут получить аналогичные результаты в ситуации, больше напоминающей хаос реального мира. Сквайр попросил их разработать процедуру тестирования для пребывания в симуляторе опасной зоны: такие симуляторы используются для тренировки в «виртуальном пространстве» отдельных морпехов или целых подразделений, совместно выполняющих боевые задачи.

«К примеру, часть такой территории может походить на афганскую, — говорит Сквайр. — Мы хотели бы увидеть, нельзя ли вызвать те же интуитивные эффекты и какие модификации и тренировочные методы мы могли бы создать, чтобы такие эффекты проявлялись острее и быстрее. Симулятор может имитировать присутствие самодельных взрывных устройств, или снайперов, или террористов. При этом могут разрушаться какие-то обычные паттерны».

Это разрушение паттернов может быть не очень заметным: не всякий сумеет быстро заподозрить неладное, столкнувшись с легким обесцвечиванием почвы или оказавшись на непривычно тихой улице, где всегда царит такое оживление.

Кроме того, Ребер начал выяснять, как можно было бы научить бойцов распознавать такие «предчувствия» и понимать, когда нужно обращать на них внимание.

«Сознательная обработка информации и имплицитное обучение не всегда хорошо взаимодействуют, — отмечает Ребер. — Когда фокусируешься на одном, можно потерять из виду другое».

Поэтому Ребер действует в еще одном направлении: для этой работы он привлек своего коллегу Марка Бимена. Исследователи задались вопросом: что именно происходит в мозгу, когда мы испытываем озарение, — в тот самый момент, когда мы восклицаем: «ага!», когда нечто такое, что мы знали, сами того не осознавая, вдруг становится осознанным?

В ходе одного из тестов, проводящихся в лабораторных

условиях, Бимен и его группа дает испытуемым три слова (например, «Адам», «глаз» и «раздор») и спрашивает, какое слово могло бы подойти ко всем трем.

«Обычно люди пытаются решить эту задачу, сознательно перебирая все ассоциации, какие только могут, — отмечает Ребер. — Но Марк показал, что таким методом задачу решить нелегко: часто получается, что люди при этом долго и мучительно размышляют. Никак не могут увидеть ответ, хотя чувствуют, что он где-то рядом. Но есть некоторый процент тестов, где они испытывают внезапное озарение… Они всё тужатся, тужатся, тужатся… и вдруг им приходит в голову: "А, яблоко! Это яблоко!"»

Хотя такие испытуемые неизменно сообщают, что ответ явился им как гром среди ясного неба, Ребер и Бимен убеждены: на самом деле эти внезапные озарения — результат процессов, связанных с имплицитной памятью.

«Идет особого рода нервная деятельность, которая затрагивает взаимосвязанные понятия и при этом происходит за пределами нашего сознания», — объясняет Ребер.

Анализируя картину активации нейронов в моменты до, во время и после озарения, Ребер и Бимен обнаружили нечто интересное: те участки мозга, которые активны во время озарения, оказываются примерно теми же участками, которые активны, когда испытуемые успешно выполняют задание совсем иного рода (то же самое касается и распределения неактивных участков, что, по-видимому, не менее важно).

В ходе этого второго задания наши два нейрофизиолога демонстрировали испытуемым изображения гигантских прописных букв, составленных из крошечных строчных букв, причем других (скажем, огромную H, сделанную из десятков миниатюрных t). Участников эксперимента просили называть крупные буквы. Для правильного выполнения задачи следовало «отойти подальше», чтобы посмотреть на всю картинку в целом. Иными словами, требовалось перестать сосредоточиваться на деталях и заставить себя «увидеть лес за деревьями».

«Когда вам приходится это делать, у вас активизируется определенный участок передней лобной доли — и этот же участок возбуждается непосредственно перед тем, как вас вдруг осенит и вы воскликнете: "Погодите, да это же яблоко!"» — говорит Ребер.

Ученый надеется отыскать и продемонстрировать методы, способствующие появлению таких озарений, и придумать, как натренировать людей более внимательно относиться к своим интуитивным догадкам: он полагает, что для этого следует

научить их распознавать соответствующее «внутреннее состояние» и плавно погружаться в него.

«Что это означает, если вы принимаете решения в реальном мире? Что нужно сказать пожарному? — задается вопросом ученый. — Может быть, надо ему сказать: не фокусируйтесь на подробностях, которые вы воспринимаете. Может быть, имеет смысл как бы сделать шаг назад, перестать так пристально концентрироваться на перцептуальных деталях и более глобально подумать обо всех этих обстоятельствах в целом, чтобы интуитивная информация понемногу просочилась в ваше сознание»ˆ

* * *

Во многих находках исследователей, работающих под общим руководством Кона, есть определенная «интуитивная логика». Мне кажется вполне правдоподобным, что отработка визуальных навыков, основанная на повторении, помогает оттачивать умение распознавать угрозу. Более того, гипотеза Ребера о том, что людей можно натренировать так, чтобы они распознавали определенные «мозговые состояния», ассоциируемые с более эффективными действиями, вполне соответствует результатам некоторых более ранних работ, которые стали порождением программы «расширенного познания»

Эми Круз тоже интересовалась, нельзя ли определить, является ли человек специалистом по выполнению какой-то задачи, просто обследуя его мозг, и нельзя ли с помощью сканирования мозга отслеживать эти изменения по мере того, как человек из новичка постепенно становится профессионалом высшего класса.

Чтобы попытаться ответить на эти вопросы, Круз выделила финансирование Крис Берка, гендиректору компании Advanced Brain Monitoring (ABM), на проведение серии удивительных экспериментов в рамках проекта под названием «Программа ускоренного обучения» [«Accelerated Learning Program»]. Компания ABM, штаб-квартира которой находится в калифорнийском Карлсбаде, привлекла к этим опытам инструкторов по снайперской стрельбе с расположенной неподалеку военной базы Пендлтон. Эти инструкторы служили в морской пехоте и считались асами своего дела. Когда очередной доброволец прибывал на тестирование, Берка и ее команда присоединяли к его черепу плотную 24-канальную сетку электродов, подключали датчики для отслеживания темпа дыхания и работы сердца, а затем вручали испытуемому специально модифицированную винтовку «M-4», способную точно измерять такие параметры, как дрожание мушки и давление при

нажатии на спуск. Потом Берка и ее коллеги просили этих опытнейших стрелков проделать все те действия, которые у них обычно предшествуют посыланию пули в цель. Экспериментаторам хотелось получить какие-нибудь интересные паттерны данных. И в самом деле, итоговые результаты опытов оказались поразительными.

«Мы обнаружили, что за две-пять секунд до выстрела, который приводил к идеальному попаданию, психофизиологическая картина у всех испытуемых была совершенно одна и та же», — отмечает Берка.

Частота сердечных сокращений уменьшалась. Затем следовал долгий, медленный вдох. А потом — выдох, который совпадал с выстрелом (снайперов учат выдыхать именно в момент нажатия на спусковой крючок). Но еще интереснее было присутствие двух ясно различимых электроэнцефалографических автографов. Один сводился к повышению так называемой «медианной тета-активности» — череды ритмично повторяющихся волн в тета-диапазоне (4–7 Гц: один герц здесь соответствует одному циклу «мозговых волн» в секунду). При этом отмечался и всплеск «альфа-активности» — в левом височно-теменном отделе мозга: речь идет об особой картине нейронных колебаний в диапазоне частот 7,5-12,5 Гц, которая, как полагают специалисты, ассоциируется с разного рода синхронными действиями.

Как сочли исследователи, медианная тета-активность — нейронный автограф, отражающий процесс, в ходе которого снайпер мысленно пробегает по пунктам списка «Необходимо сделать!» или мысленно представляет себе идеальный выстрел. Как подчеркивает Берка, повышение альфа-активности, подобное тому, что отмечалось у обследованных снайперов, описано и организаторами лабораторных экспериментов, проводившихся в иных условиях: это хорошо известный признак сосредоточенности внимания.

«Получается, что вы как бы заглушаете всю поступающую сенсорную информацию и фокусируетесь только на мишени и на том, чтобы идеально в нее попасть», — говорит Берка.

«Мы выявили три автографа, — подытоживает она. — Замедление пульса, медианная тета-активность и альфа-активность в левой височно-теменной области. Поразительно не только то, что мы наблюдали у тринадцати инструкторов практически одну и ту же картину, но и то, что, когда мы просто сажали их в комнате, надевали на них всё это оборудование и просили представить себе, что они стреляют в цель, картина получалась абсолютно та же самая».

В ответ на вопросы экспериментаторов инструкторы

сообщали, что на субъективном уровне они и в самом деле ощущали некое чувство, которое можно ассоциировать с данной нейронной картиной.,

Берка вспоминает, как снайперы говорили ей что-нибудь такое: «Да, я знаю, когда я в этом состоянии. Я знаю, когда достигаю точки, где я явно добьюсь идеального попадания. Я использую это знание даже в боевых ситуациях».

Многие снайперы уверяли ее, что в это состояние можно войти по желанию — и что со временем они самостоятельно научились достигать его: это стало как бы побочным продуктом их опыта. Некоторые говорили, что при переходе в это состояние они «как бы щелкают маленьким выключателем». Берка вспоминает, как несколько испытуемых говорили ей примерно одно и то же: «Не очень-то важно, что происходит вокруг меня в это время. Я способен полностью сосредоточиться на выстреле».

Выявив эти нейронные автографы, Берка и ее команда привлекли к эксперименту 150 гражданских лиц и 150 морпехов с разным уровнем владения стрелковыми навыками (причем никто из участников этой новой серии опытов не обладал высшим уровнем навыков в этой области). Затем экспериментаторы разработали специальную видеоинструкцию по меткой стрельбе, чтобы тренировки у тех, кому их позволят, проходили одинаково. Потом добровольцев разбили на две группы. Контрольной группе разрешалось самостоятельно упражняться в стрельбе и смотреть обучающее видео. А экспериментальную группу оснастили электроэнцефалографами и мониторами сердечного ритма, позволявшими им в режиме реального времени отслеживать (визуально, с помощью звуковых сигналов и т. п.), как их пульс и мозговые волны то попадают в идеальные состояния, выявленные у лучших снайперов, то выходят из этих состояний. (Большинство участников предпочли тактильную передачу этой информации: к нагрудному карману рубашки им прикрепляли своего рода зуммер, вибрировавший в такт их сердцебиению, пока они не достигали оптимального для прицельной стрельбы «мозгового состояния»: в этот момент вибрации прекращались.)

«Вначале мы просто тренировали людей без винтовок, чтобы они прилагали все усилия, продвигаясь к этому снайперскому состоянию, — рассказывает Берка. — А потом вы не снимаете эти приборы, а просто берете в руки оружие и стреляете».

Как выяснилось, наличие такой системы обратной связи, помогающей приходить в «снайперское состояние», ускоряло обучение меткой стрельбе в 2,3 раза. Иными словами, те, кто отслеживал состояние своего мозга и ритм сердцебиения, примерно вдвое быстрее становились меткими стрелками, чем те,

кто был лишен такой обратной связи, — независимо от того, каковы были врожденные способности испытуемых по этой части. По словам исследовательницы, наличие этого отклика позволяет испытуемому распознавать «снайперское» состояние своего мозга и учиться контролировать его.

Человечеству уже давно знакома идея о том, что у нас имеются определенные «мозговые состояния» и что мы можем научиться распознавать их (независимо от того, с чем ассоциируются такие состояния — с попаданием в «яблочко» или с умением быстро заметить опасность где-то на местности). Спортсмены часто говорят о том, что очутились «в особой зоне» — когда они непринужденно отправляют баскетбольный мяч в корзину или могут разглядеть каждый шов на бейсбольном мячике. Я сам испытывал это состояние бездумной легкости и полной погруженности во время пробежки или когда читал, писал, играл на музыкальном инструменте. Я четко ощущаю: есть некое мозговое состояние, которое ассоциируется со сфокусированностью и «особой зоной» и которое я умею распознавать, войдя в него. Весь мир словно бы умолкает. Я сосредоточен. Всё, что я делаю в таком состоянии, часто удается мне почти без труда. Во всяком случае, такое возникает ощущение.

Поэтому мне представляется, что использование технологий сканирования мозга для тренировки навыков такого рода и в самом деле будет играть для нас более значительную роль в ближайшие годы. Отсюда следует интересный вопрос: если мы сумеем применять методы сканирования мозга для выявления состояний, которые как-то связаны с имплицитным обучением, инстинктом, опытностью, мастерством, что еще мы могли бы детектировать с их помощью? И какие возможности это дало бы медицине?

Глава 6
Инженер-телепат

Расшифровка мозговых сигналов и воображаемая речь

Дэвиду Джейну пришлось посетить трех неврологов, прежде чем он нашел специалиста, которые смог бы объяснить причину его таинственных симптомов. К примеру, почему этот 26-летний мужчина атлетического телосложения (рост 191 см, вес 91 кг, грех жаловаться), несмотря на то что, казалось бы, находится в расцвете лет, постоянно роняет бутылочки с кетчупом, словно это 250-килограммовые гири. Почему у него вечно подергивается левый трицепс. Почему он вдруг обнаружил, что уже не в состоянии выполнять даже простейшие манипуляции указательным и большим пальцами, необходимые для того, чтобы закрепить наживку из оленьего волоса на конце рыболовной лески.

Именно это последнее унижение Джейн счел самым досадным. В ту пору он был настоящим олицетворением жизненной силы, молодым атлетом с огромными голубыми глазами, «чертовски симпатичным» (вспоминает его сестра Сью Энн Сесере). В последний школьный год Дэвид был президентом класса, а поступив в Университет Джорджии, стал «Очень популярным парнем в кампусе». «Он весело проводил время, а потом стал серьезнее», — отмечает Сью Энн. После выпуска Дэвид женился на девушке по имени Мелисса (она была его подружкой еще со времен колледжа) и стал быстро делать карьеру в корпорации Domino's Pizza, летая на частных реактивных самолетах по всему американскому Юго-Востоку и открывая там пиццерии.

Но Дэвид твердо знал, кем ему хочется быть больше всего, и при всякой возможности предавался именно этому занятию. Он был прирожденным удильщиком на муху[28] и чувствовал себя как дома, стоя по пояс в стремительном джорджийском ручье и медленно опуская наживку в стаю радужной форели. Дэвида всё больше раздражала эта дурацкая медицинская загадка: он был почти уверен, что дело тут просто в защемлении какого-нибудь нерва. В тот прекрасный весенний день его так и тянуло к реке Чаттахучи, протекавшей всего в нескольких милях от его офиса, расположенного в Атланте. Именно тогда он пришел на прием к очередному врачу — и этот прием изменил его жизнь.

«У меня в кузове фургончика всегда лежали удилища,

болотные сапоги, трубчатые поплавки, — позже вспоминал Джейн. — Чаттахучи была слева. Но я все-таки повернул направо».

В приемной Медицинского центра Университета Эмори он заметил привлекательную молодую женщину, которая сидела между своими родителями. «Я невольно обратил на нее внимание, потому что тело у нее было, как у тряпичной куклы, с которой очень много играли», — вспоминает он. Он недоумевал: что с ней такое, почему у нее все мышцы такие вялые? И тут его вызвали в кабинет.

Много лет спустя Джейн с невероятной ясностью вспоминал последующие моменты. Как под ним похрустывала бумажная простыня, когда он сел на смотровой стол — «твердый, словно камень». Как предвечерний солнечный свет лился в высокое узкое окно справа от него. Как невролог прижимал к груди толстые папки с историей болезни Джейна, «точно школьник со стопкой учебников», с очень серьезным видом войдя в кабинет и усевшись на низенький стул перед пациентом. И как врач будничным тоном произнес: «Мистер Джейн, у вас боковой амиотрофический склероз, БАС. Возможно, вы слышали об этом заболевании, его еще называют болезнью Лу Герига».

Врач не стал говорить о «тряпичной кукле», сидевшей в приемной, хотя и у нее тоже был этот недуг. Джейн почувствовал, как у него немеет всё тело, когда доктор стал описывать, что его ожидает. «Он рассказывал, как у меня наступит полный паралич, как я потеряю способность говорить и есть — и как я в конце концов просто задохнусь», — пишет Джейн в своих воспоминаниях.

А потом появилась и еще одна новость. На той же неделе, когда врач сообщил Дэвиду Джейну, что ему осталось жить максимум 3–5 лет, другой доктор проинформировал Мелиссу, что она беременна. Это был их первый ребенок. И это ошеломило обоих супругов.

«Больше всего в жизни я желал быть отцом, — говорит Джейн. — Чтобы у меня была большая семья. У меня было столько всего, чему я хотел бы научить своих детей, поделиться с ними». Но тут же он с горечью подумал: «Мой ребенок меня потом даже не вспомнит».

Дэвид Джейн еще не готов был распрощаться с жизнью. Но альтернатива была столь же пугающей. Даже если бы медики сумели найти способ помогать ему есть и дышать после того, как его тело откажет, он больше не смог бы ни двигаться, ни говорить. Он оказался бы заперт, как в темнице, в своем теле, которое больше не служит ему.

Разве это жизнь?

Мало какие заболевания представляются нам такими же ужасными, как те, что позволяют человеку полностью сохранять сознание, однако бесповоротно лишают его способности двигаться или говорить. Вот почему столь многие пациенты с БАС отдают распоряжение, чтобы врачи не реанимировали их после того, как легкие больного наконец перестанут работать. Никто не оспаривает такие решения: их мотив понятен. Но Дэвид Джейн в конце концов избрал другой путь. Он был слишком молод, чтобы умирать, и он решил: когда недуг начнет одолевать его, он будет бороться, рискуя очутиться перед лицом кошмара, о котором страшно и помыслить, — оказаться наглухо запертым в тюрьме собственного тела.

«Мне кажется, — говорил мне один из неврологов Дэвида Джейна, — это почти как если бы вас погребли заживо».

Когда горняки попадают под обвал в шахте, мы пытаемся их откопать, у нас просто нет иного выбора. То же самое и с такими недугами, как БАС. В последние годы одна небольшая группа ученых посвятила себя исследованиям, которые вполне можно отнести к категории «последнего шанса. Эти специалисты пытаются с помощью достижений современной нейрофизиологии и компьютерных технологий разработать новые способы проникнуть в неповрежденное сознание таких пациентов, как Дэвид Джейн, добраться до тех слов, которые они больше не могут произносить с помощью мышц, и каким-то образом перевести их на понятный язык. Иначе говоря, эти исследователи пытаются «откопать» таких пациентов, намереваясь вернуть им не только способность двигаться (эта задача сама по себе невероятно трудна), но и способность говорить, вновь вселив жизнь в их угасшее тело.

Восстановление речевых функций — техническая задача, лежащая далеко за пределами всего, о чем мы уже рассказывали. И ставки в этой драматической игре, по-видимому, гораздо выше.

Безусловно, не так-то просто найти более пугающе-сложную научную задачу. Студенистое нечто массой около 1,4 кг, которое мы именуем головным мозгом человека, никогда не дает лишь один-единственный сигнал в то или иное мгновение. По всей поверхности коры и в глубинах мозга в каждый конкретный момент миллиарды отдельных нейронов передают химические сигналы туда-сюда и превращают сумму этих сигналов в сотни миллионов слабых электрических импульсов. Мощный компьютер — единственный возможный инструмент, который дает хоть какой-то шанс извлечь смысл из этой массы информации.

Но эта задача еще очень не скоро станет подвластна таким

методам улавливания мозговых сигналов, с помощью которых Джозеф Кон и Питер Сквайр пытаются поймать тот проблеск волшебства, который ассоциируется с интуицией. Эта задача пока находится далеко за пределами возможности технологий, которые используются учеными для описания происходящего в зрительной коре Пэт Флетчер. Чтобы справиться с этой задачей, и те и другие методы должны пройти еще много стадий в своем развитии.

Даже если вы придумаете, как «подключить» головной мозг человека, это живое, активно функционирующее желе, непосредственно к компьютеру, сделанному из твердой пластмассы и силикона, а также обладающему способностью переводить мозговые сигналы на обычный язык, следует иметь в виду: нет какого-то отдельного сигнала, который нужно пытаться улавливать. Некоторые специалисты утверждают: чтобы детектировать чьи-либо мысли, чтобы подслушать внутренний монолог человека и превратить его в понятную речь, придется одновременно отслеживать миллионы сигналов — и разбираться, что все они означают в своей совокупности. При этом вам придется отсеивать весь «шум», который не имеет отношения к словам и идеям, возникающим в сознании человека, например мозговые сигналы, контролирующие дыхание или моргание, а также то чувство, которое подсказывает нам: «что-то не так», намекая, что под нами вот-вот провалится пол.

На фоне этой математической задачи по расшифровке сигналов меркнет даже легендарная работа Алана Тьюринга по взлому кодов нацистской шифровальной машины «Энигма» во время Второй мировой войны: она кажется почти примитивной.

Однако и эту задачу сейчас пытаются решить.

В феврале 2015-го, в одно морозное утро, я сижу в больничной палате в центре Олбани (штат Нью-Йорк) и наблюдаю, как команда лаборантов в белых халатах суетится возле койки Кэти — 40-летней матери-одиночки из Скенектеди. Они готовятся продемонстрировать, что скоро, быть может, мы научимся делать именно это.

Меня привел сюда нейрофизиолог Гервин Шальк, очень общительный уроженец Австрии, немного похожий на Лайама Нисона, если бы актер был на несколько дюймов ниже ростом, на пару фунтов тяжелее и проводил основную часть времени перед компьютерным монитором. Мы с Шальком уже несколько месяцев ждали, пока подвернется пациент вроде Кэти, чтобы ученый мог показать мне, насколько далеко он и другие расшифровщики нейрокода продвинулись с того дня, когда Хьюбел и Визель несколько десятков лет назад впервые вслушались в то, как

нейроны зрительной коры подопытной кошки дают импульсы.

Кэти страдает эпилепсией и планирует подвергнуться операции на мозге, цель которой — попытаться удалить именно ту часть ее мозга, которая и является источником припадков. Чтобы отыскать этот участок, медики три дня назад приподняли верх черепа Кэти и поместили 117 миниатюрных электродов непосредственно на правую половину ее обнаженной коры, тем самым получив возможность отслеживать ее мозговую активность и составить карту нужной зоны. Ожидая операции, Кэти согласилась принять участие в шальковском исследовании.

И вот рядом с моим креслом она сидит в своей моторизованной койке под тоненьким одеялом и смятой белой простыней. На ней больничный халат, и ее модные очки для чтения, кажется, вот-вот упадут с ее небольшого тонкого носика. Трудно отвести взгляд от ее необычного головного убора. Вся верхняя часть головы Кэти, от ушей и выше, плотно замотана повязками и медицинской киперной лентой, производя впечатление жесткой гипсовой отливки. Густая мешанина проводов, покрытых сеткой, выходит из отверстия у нее на темени, словно она — родственница Биба Фортуны, желтого хвостоголового мажордома, прислуживающего Джаббе Хатту (в «Звездных войнах» вообще много таких персонажей чудаковатого вида).

Этот хвост из проводов спускается вниз от изголовья койки, вьется по полу и доходит до тележки, содержащей аппаратуру общей стоимостью в четверть миллиона долларов: всевозможные ящички, усилители, сплиттеры и компьютеры. Всем этим управляет инженер в белом халате, стоящий перед большим экраном.

Инженер подает знак, и Кэти фокусирует внимание на мониторе, который находится на столике перед ней. Из двух динамиков раздаются одиночные слова, которые монотонно произносит женский голос:

— Ложка… Питон… Сражение… Ковбои… Телефон… Плавание…

После каждого слова на мониторе у Кэти появляется знак «+» и вспыхивает голубым. Эта вспышка сигнализирует Кэти, что она должна повторить прозвучавшее слово — молча, про себя. Лицо Кэти непроницаемо. Нет никаких видимых признаков, по которым можно было бы заключить: она о чем-то думает. Но когда она представляет каждое слово, 117 электродов, подключенных к ее зрительной коре, фиксируют уникальную комбинацию электрических сигналов, исходящих от сотен миллионов отдельных нейронов в височной доле ее мозга. Эти комбинации

пролетают по проводам и попадают в усилитель, а затем в компьютер, который представляет их в виде извилистых горизонтальных линий на экране перед инженером. Где-то в этой непроницаемой путанице линий (напоминающей клок волос, выдранных щеткой) таится определенный логичный рисунок, закономерность, паттерн, тот код, который мы смогли бы прочесть, если бы понимали таинственный язык мозга.

Позже команда Шалька, работающая в Центре Уодсворта, Лаборатории общественного здравоохранения при Министерстве здравоохранения штата Нью-Йорк, совместно с коллегами из Калифорнийского университета в Беркли займется пристальным изучением полученных данных. Каждый из электродов, подсоединенных к мозгу пациентки, записывает статус примерно одного миллиона нейронов приблизительно 10 раз в секунду, создавая целое море цифр, комбинаций, возможных значений (каждый электрод воспринимает около 600 млн сигналов в минуту).

Но сейчас Шальк невозмутимо глядит на меня с другого конца палаты и сообщает, что он и его команда способны раскрыть эту тайну и благодаря современным вычислительным мощностям извлечь из этого колоссального массива данных именно те слова, которые вообразила себе Кэти. По словам Шалька, они почти уверены, что начали разбираться, как «прочесть ее мысли». И он обещает мне это продемонстрировать.

* * *

Гервин Шальк — не самый типичный ученый. Он впервые раскрыл научный журнал лишь несколько лет назад. Он почти ничего не знал о человеческом мозге. И он никогда не встречался с больными БАС — такими, как Дэвид Джейн. У Шалька всегда была только одна страсть — компьютеры. Ученым необходимы специалисты вроде Шалька, иначе у них не будет никаких шансов взломать самый сложный код из всех, какие существуют в природе.

Уроженец австрийского города Грац, известного еще со Средних веков (и во многом сохранившего средневековый облик), Шальк влюбился во всё цифровое уже в тот момент, когда ему было двенадцать и его отец принес домой компьютер «Commodore Amiga >. Почти все свои подростковые годы Шальк провел, изучая англоязычные компьютерные инструкции и пытаясь, словно археолог над древним свитком, извлечь смысл из хаоса непонятных слов. Так он постепенно научился говорить по-английски.

В старших классах Шальк повадился днем незаметно отпирать окно школьной компьютерной лаборатории, чтобы

ночью он мог пробраться внутрь и воспользоваться машинами. В 15 лет он присвоил сам себе ник «Безумец» и запрограммировал все эти компьютеры, чтобы они выдавали сообщение «Безумец — классный» всякий раз, когда кто-нибудь их загружает. Учителю информатики оказалось не по силам избавиться от этой напасти, и сообщение так и продолжало появляться, ежедневно напоминая об анонимной «классности» Шалька и приветствуя его до окончания школы.

Поступив в Технический университет Граца, Шальк выбрал сдвоенную бакалавро-магистерскую программу по электроинженерии и информатике: у него ушло почти восемь лет на то, чтобы освоить эту программу, известную среди здешних студентов своей сложностью. Наконец он получил диплом. Юноше явно очень хотелось приключений. Поэтому в 1997 г., прослышав о возможности поехать в США для работы над диссертацией в каком-то городе под названием Олбани (штат Нью-Йорк), он сразу же ухватился за этот шанс. Правда, Шальк раньше никогда не слышал об этой сфере — нейрокомпьютерные интерфейсы. Но его не очень-то волновала тема диссертации.

«Я подумал: раз там написано про интерфейсы "мозг-компьютер", может, мне придется работать над какой-нибудь трехмерной реконструкцией челюсти по томографическим снимкам или над чем-то в этом роде, — говорит Шальк. — Но там было написано „Нью-Йорк“, и я подумал: главное, я буду рядом с этим городом».

Ни то ни другое предположение не оправдалось. Однако с точки зрения профессиональной карьеры выбор Шалька оказался удачным. Выпускникам вузов предоставили возможность занять это место, поскольку один из грацских профессоров Шалька сотрудничал с Джонатаном Уолпоу, врачом-исследователем из Центра Уодсворта, той самой лаборатории общественного здравоохранения штата Нью-Йорк, расположенной в Олбани. Уолпоу стал для молодого человека идеальным проводником по этой быстро развивающейся области, которая, как выяснилось, идеально подходила для приложения талантов Шалька.

Уолпоу, невролог с официальным разрешением на врачебную практику, работал с такими «запертыми в тюрьме своего тела» пациентами, пытаясь использовать существующие технологии для того, чтобы помочь им вновь обрести способность общаться с внешним миром. Опытный клиницист, Уолпоу знал, казалось, всё, что мог бы надеяться узнать человек, о том, как функционирует мозг, и о тех бесчисленных неполадках, которые могут возникать в нем. И он был очень рад поделиться своими познаниями.

Но Уолпоу требовался специалист, способный помочь ему

разобраться в ошеломляющем количестве данных, которые он сумел добыть из этого органа благодаря стремительно развивающимся техническим методам и инструментам, позволяющим выполнять всё большее число задач. Как выяснилось, Уолпоу был очень щедрым наставником. Всего за несколько лет Шальк не только завоевал его доверие, но и получил вторую магистерскую, а также кандидатскую степень в расположенном неподалеку Политехническом институте Ренсселера. За время обучения там его средняя оценка составила 4,0, а на кандидатском экзамене он получил наивысший балл за всю историю факультета электроинженерии. Кроме того, он добился от NIH гранта в 1,4 млн долларов и благодаря этому финансированию разработал универсальный софт для нейрокомпьютерных интерфейсов, который теперь стал стандартом в этой отрасли. Его используют около 3000 человек, живущих в самых разных регионах планеты.

Вероятно, важнее всего то, что под руководством Уолпоу неутомимый Шальк получил первоклассное образование в той сфере, которую он вскоре сделает основной для себя — в сфере с туманным названием (поначалу он думал, что это как-то связано с трехмерной реконструкцией челюсти), сосредоточенной на развитии интерфейсов «мозг-компьютер», или нейрокомпьютерных интерфейсов (НКИ, как сокращенно называют их работающие в этой области).

* * *

В 1969 г. еще один молодой ученый, Эберхард Фец, намного опередил свое время, сумев проделать трюк, к которому многие нейрофизиологи отнеслись весьма скептически. Упорными тренировками Фец добился того, чтобы подопытная мартышка научилась передвигать стрелку измерительного прибора, используя лишь свои мозговые волны.

Фец, собственно говоря, не заявлял, что это телекинез, хотя вы могли бы так решить, судя по той ядовитой критике, которая на него полилась. Однако в то время мало кому из работающих в области нейрофизиологии могло бы прийти в голову попробовать проделать этот фокус — подключить мозг обезьяны к какому-то механическому устройству. К тому же путь Феца к этому нестандартному подходу оказался весьма необычным.

Эберхард Фец работал над диссертацией по физике в МТИ (он занимался статистической механикой), когда однажды ночью у него под действием мескалина или, может, ЛСД (он сам точно не помнит) случилось озарение. Ошеломленный калейдоскопически стремительными сдвигами внутреннего состояния, Фец вдруг понял, что его куда больше интересуют загадки сознания, чем

«охота на магнитный момент частицы». Уже будучи постдоком в Вашингтонском университете и работая под руководством одного нейрофизиолога, Фец в совершенстве овладел теми методиками фиксации активности отдельных нейронов, которые незадолго до этого так успешно применяли Хьюбел с Визелем для измерения активности нейронов в зрительной коре подопытных кошек. Но Хьюбела и Визеля интересовало измерение сигналов, поступающих в зрительную область коры из внешнего мира. В лаборатории, где трудился Фец, ставили перед собой иную цель. Они подключали электроды к нейронам моторной области коры, отслеживая сигналы, исходящие из мозга.

Фец обладал творческими способностями и техническим мастерством, которые позволяли ему не только проводить измерения, но и заниматься более серьезными исследованиями. В частности, он усаживал подопытную мартышку в кабинку, откуда открывался вид на кран, по которому подавался яблочный соус, и на механическое устройство, которое двигало стрелку измерительного прибора всякий раз, когда оно улавливало, что определенный нейрон дал импульс. Затем Фец устроил так, чтобы этот самец обезьяны получал всё больше соуса с каждым новым случаем, когда ему удается «мысленным усилием» сдвинуть стрелку.

«Когда он сообразил что к чему, он довольно скоро — и притом намеренно — увеличил скорость, с которой этот нейрон дает импульсы, — вспоминает Фец. — Это стало первой демонстрацией того, что обезьяна может контролировать положение стрелки измерительного прибора исключительно с помощью работы своих нейронов».

«Это был по-настоящему героический эксперимент, — замечает Шальк несколько десятилетий спустя, восхищенно покачивая головой. — Для семьдесят первого года это была очень трудная задача с технической точки зрения: создать прибор, который может записывать сигналы с достаточно высоким разрешением и в режиме реального времени обрабатывать их, да еще и обеспечивать обратную связь, тоже в реальном времени».

Задача оказалась достаточно трудной, поэтому об успехах Феца в конце концов подробно написал престижный журнал Science. Позже он стал считаться образцом для последующих поколений пионеров НКИ (таких как Шальк) и одним из отцов-основателей этой области исследований. Но потребовалось около двух десятилетий, чтобы к его выдающимся достижениям подтянулись другие сферы нейрофизиологии.

По оценкам Шалька, лишь в начале 80-х годов нейрофизиологи сумели найти место для нового важнейшего

кусочка научного пазла и вывести НКИ на новый этап. Это произошло, когда Апостолос Георгопулос, молодой исследователь из Университета Джонса Хопкинса, измерил активность нейронов в зонах двигательной коры, отвечающих за высокоуровневую обработку данных, и показал нечто весьма примечательное: определенные нейроны двигательной коры оказались особенно чувствительными к определенным направлениям физического движения, а значит, по характеру активности этих нейронов можно было бы попытаться предсказать, куда намерена сдвинуться вся конечность [конечно, речь идет о намерении ее хозяина, а не самой конечности]. Нейроны, выявленные Хьюбелом и Визелем за несколько десятилетий до этого, реагировали на лучи света, падающие под определенным углом, а Георгопулос обнаружил нейроны, откликавшиеся на определенные разновидности движений, — скажем, на быстрый поворот запястья вправо или на быстрый тычок рукой вниз. Открытие Георгопулоса важно не только потому, что он показал: можно улавливать эти сигналы за миллисекунды до того, как совершится реальное движение, и прогнозировать эти движения, но и потому, что некоторые из этих паттернов активизации нейронов, как выяснилось, управляют поведением целых армий нейронов более низкого уровня, тех нейронов, которые благодаря своей совместной работе движут конкретными мышцами, над которыми они обладают совместным контролем.

Если эти сигналы высокого уровня (своего рода вспышки маяков, показывающие кораблю, куда пристать) проанализировать наряду с сигналами достаточного количества других нейронов, можно получить внушительное количество данных о том, как намерена двигаться конечность.

«Каждая клетка обладает предпочтениями по части направления, и сумма этих предпочтений определяет, в какую сторону двинется животное», — поясняет Георгопулос, который теперь работает в Миннесотском университете.

Георгопулос продемонстрировал, что с помощью 240 электродов он может точно предсказать, в каком направлении подопытная мартышка сдвинет джойстик. Несколько лет спустя он показал, что может проделать то же самое для трехмерных движений — с помощью 570 электродов. Позже ученый показал, что можно заранее определять не только направление, но и скорость движения, а также характер его изменения во времени.

В сочетании с несложными опытами Феца это открытие развернуло невиданные перспективы для тех, кто надеется помочь парализованным. Нейроны двигательной коры приказывают нашим мышцам шевелиться, передавая

электрические импульсы вниз по своего рода междугородним телефонным проводам нашего тела: эти пучки нервов выходят из черепа, спускаются по позвоночнику и далее попадают в конечности, где они соединяются — и взаимодействуют — непосредственно с мышцами, заставляя их расширяться или сокращаться.

Когда эти нервные связи оказываются отсечены (скажем, после перелома позвоночника), результатом становится паралич. Когда двигательные нейроны, передающие сигналы от мозга к конечностям, отмирают (как при БАС), человек приходит в «изолированное» состояние. Но у многих парализованных нейроны в двигательных контрольных центрах мозга остаются неповрежденными и продолжают подавать электрические сигналы, которые направляются к месту рассечения или отмирания нервов: там эта энергия уходит в пустоту, подобно тому, как оборванный электрический провод конвульсивно искрит, свалившись на тротуар после бури.

Знаменитую максиму Пола Бах и Риты («Мы видим мозгом, а не глазами»), в сущности, можно применить и к движению. Многие люди с парализованными руками и ногами, а также многие «изолированные» пациенты по-прежнему могут «двигаться с помощью мозга»: они способны подавать своим рукам команду подняться и обнять близкого человека, даже если этот сигнал никогда не доходит до нужных мест. Они могут приказать своим ногам перевести свое тело в стоячее положение так, чтобы ноги выдерживали вес тела, — даже если, подавая такой сигнал, пациент все равно остается неподвижен. Они могут распорядиться, чтобы их губы и голосовые связки задвигались, как при пении, хотя их организм не сможет выполнить эту директиву. Когда такие люди отдают подобные мысленные команды, электрические импульсы проходят через их моторную кору волнами скоординированных сигналов, и эти волны можно уловить — если под рукой есть подходящий прибор.

Идея о том, что эти сигналы остаются погребенными в организме, однако до них в принципе можно добраться, позволяет предположить, что ученые в один прекрасный день сумеют невероятно расширить спектр возможностей, доступных парализованным. Даже обладая вполне жизнеподобными, биомеханически точными бионическими протезами, инвалиды (например, тот же Хью Герр из МТИ) все-таки могут далеко не всё: скажем, они не в состоянии встать на цыпочки, чтобы добраться до банки, которая притаилась в дальнем углу верхней полки буфета, или изогнуть стопу, чтобы надеть ботинок. Или танцевать с дочерью на ее свадьбе. Даже искусно сделанные

высокотехнологичные протезы Герра полагаются на заранее внесенные в них алгоритмы, позволяющие двигать механическими ступнями лишь в согласии с движениями бедер. Это лишает Герра способности вдруг согнуть ногу, повинуясь внезапному желанию, или весело развернуться вокруг своей оси, просто подумав об этом.

Для тех, кто работает с «изолированными от мира» пациентами, «кривая настройки» нейронов (как ее назвал Георгопулос) позволяла предположить и нечто иное: что сигналы нейронов, контролирующих мышцы наших губ, глотки и языка, используемые для речевого общения, тоже можно записывать и что эти паттерны активности тоже можно расшифровать. Иными словами, получалось, что речь можно было бы восстановить, используя синтезированный голос.

Но как только биоинженеры начали экспериментировать с имплантируемыми нейронными электродами и пытаться подключать их к реальным внешним устройствам, они столкнулись с целым рядом новых проблем. После имплантации мозговые электроды часто сдвигаются и расшатываются. К тому же в силу нейропластичности те популяции нейронов, которые контролируют всякое отдельное движение и действие, тоже рано или поздно неизбежно претерпевают сдвиг. Мало того: со временем внедренные в мозг электроды начинают вызывать воспалительную реакцию — или же их полностью покрывает оболочка мозговых клеток, после чего они перестают работать. Их непросто заменить, поскольку такие операции требуют довольно серьезного вторжения внутрь черепной коробки.

В 1996 г. Фил Кеннеди, невролог-первопроходец из Технологического института Джорджии, добился официального одобрения FDA на введение в двигательную область коры головного мозга своих пациентов-людей одного новаторского прибора, который позволял справиться с некоторыми из этих проблем движения. Устройство состояло из пары золотых проводков в крошечном стеклянном конусе. Такой электрод, наполненный специальной смесью факторов роста (ее состав — интеллектуальная собственность Кеннеди), побуждал окрестные нейроны врастать в него, что существенно снижало риск его расшатывания и образования рубцов. Затем устройство можно было соединить с электронной системой, способной усиливать сигналы нужного нейрона и передавать эти сигналы из черепной коробки на компьютер для последующего анализа.

Первым добровольцем, согласившимся на участие в эксперименте Кеннеди, стала бывшая преподавательница коррекционной школы, мать двоих детей по имени Марджори

(«М. Х.», как называли ее экспериментаторы), которая согласилась подвергнуться этой процедуре на самом закате своих дней. У Марджори был БАС, и она больше не могла ни говорить, ни шевелиться, однако демонстрировала примечательную способность переводить тумблер из положения ВКЛ в положение ВЫКЛ и обратно лишь благодаря мысленному усилию. Но она была так серьезно больна, что скончалась всего через 76 дней после процедуры. Затем, в 1998 г., операцию прошел Джонни Рэй, 53-летний ветеран Вьетнама и глава строительной фирмы, занимающейся сухой кладкой. Незадолго до этого он вышел из комы с совершенно неповрежденным умом и сознанием, однако утратив способность шевелить чем-либо, кроме век. Но и Рэй показал впечатляющие результаты: он смог научиться передвигать курсор на экране компьютера исключительно силой мысли и общаться, выбирая слова или буквы из особого компьютерного меню, хотя этот процесс был долгим и изнурительным.

В качестве третьего пациента Кеннеди выбрал молодого отца и страстного любителя досуга на открытом воздухе. У этого человека больше десятка лет назад обнаружили БАС. Он был убежден, что вот-вот окажется полностью изолирован от внешнего мира. Его звали Дэвид Джейн.

* * *

Если в тот солнечный джорджийский день Дэвид Джейн и в самом деле, как полагал доктор, получил свой смертный приговор, то к 1998 г. ему полагалось бы давно лежать в могиле. Но с того дня, когда Дэвид вызвался подвергнуться экспериментальной операции Кеннеди, прошло уже около десяти лет, и он отчаянно сражался с болезнью. Он опасался, что эта битва скоро может разрушить его окончательно.

Когда-то Дэвид наблюдал за рождением дочери (ее назвали Ханной), а потом осторожно покачал ее на своих огромных ладонях: тогда его руки еще были сильными. Он усердно трудился, пытаясь заработать побольше, чтобы в отпущенное ему время обеспечить будущее своей маленькой семьи. После того как врачи подтвердили, что его БАС не имеет наследственную природу, Дэвид с женой даже завели второго ребенка. Сына они назвали Хайтером. Им так хотелось, чтобы у Ханны был брат, и вот эта мечта сбылась.

В первое время после диагноза Дэвид старался не думать о том, что его ждет. Он действовал по принципу «я готов узнавать только то, что сейчас необходимо», фокусируясь на сегодняшнем дне и на выполнении лишь тех рекомендаций неврологов, которые, как уверяли специалисты, имеют для него жизненно

важное значение. Но однажды, спускаясь по наклонной парковочной площадке, Дэвид почувствовал, что под ним — без всякого предупреждения — подгибается левая нога. Он кубарем покатился вниз по цементному спуску. Вскоре такие падения стали случаться часто. Всякий раз он поднимался, отряхивался и бодро уверял окружающих, что всё в порядке, ничего особенного не произошло. Но чудовище продолжало распространяться по его организму. К 1993 г. Дэвид утратил способность самостоятельно дышать, глотать, говорить. Но к тому времени прогресс в области фармацевтики дал Джейну возможность отсрочить смертный приговор, а новые, более компактные системы искусственной вентиляции легких позволяли ему жить и вне больницы. Дэвиду было тридцать с небольшим, он был слишком молод, чтобы сдаться и умереть.

Уже тогда существовали технологии, позволявшие тем, кто не может говорить, общаться, выбирая — с помощью движений пальцев или глаз — буквы на клавиатуре или экране, а затем преобразуя их в звучащую речь посредством специального синтезатора. Дэвид еще мог слегка дергать тремя из десяти пальцев рук, так что надежда оставалась. Но эта технология была новой и стоила дорого. Его семейству понадобилось бы два года, чтобы скопить 10 000 долларов на покупку такого устройства для синтеза речи. Дэвид представил себе то страшное будущее, которое может поджидать его, если он погрузится в полностью изолированное состояние.

В этот период только его отец и его жена Мелисса могли более или менее разбирать, что означает та мешанина звуков, которую он издает, изо всех сил пытаясь шевелить губами. И даже эти два близких человека часто оказывались в тупике, не понимая больного. Его дети, тогда еще совсем маленькие, часто начинали при этом рыдать.

— Мама, что сказал папа? — спрашивали они умоляюще.

Когда в 1995 г. Дэвид наконец обзавелся синтезатором речи, всё переменилось. Устройство было снабжено несколькими различными голосами, как бы принадлежащими разным условным личностям. За семейным столом Дэвид развлекал детей, переключаясь от «Примерного Пауля» к «Гиганту Гарри» и обратно, а иногда набирая еще работающими пальцами слова «Доедай до конца» и изображая их про помощи самого зловещего из компьютерных голосов.

Но теперь, ближе к концу тысячелетия, тело Дэвида всё больше отказывалось служить ему, и он опасался, что скоро не сможет шевелить пальцами, чтобы печатать слова.

«Моя способность общаться и ободрять других —

единственное, что делает переносимым этот проклятый ад», — напишет Дэвид позже.

Кеннеди поместил Дэвида в прибор для фМРТ, чтобы найти оптимальное место для внедрения электродов и проследить за деятельностью его мозга. Затем он нашпиговал электродами мышцы его рук, используя методику, которую Хью Герр и другие работающие в области биомеханики применяли для измерения активации клеток. Потом Кеннеди попросил Дэвида пошевелить пальцами и кистями рук — насколько это позволяли оставшиеся ему возможности. Привязав эту мышечную активность к месторасположению нейронов моторной коры, дающих при этом импульсы, Кеннеди выяснил, куда следует ввести электроды. Он поместил их в зону мозга, отвечающую за движения кистей рук, так что даже если бы Дэвид утратил моторные нейроны, способные передавать сигналы от его двигательной коры к пальцам, Кеннеди мог бы уловить эти сигналы непосредственно в мозгу пациента и по беспроводной системе передать их на компьютер.

Позже, когда Дэвид явился в больницу, один из нейрохирургов распилил его череп и вставил два электрода в стеклянной оболочке непосредственно в моторную область его коры, после чего вернул выпиленную кость обратно, замазал ее зубоврачебным цементом и отправил пациента домой — восстанавливаться.

Но всего через несколько недель после этой операции Дэвид начал испытывать чудовищные головные боли. Как выяснилось, в место разреза попала инфекция. Антибиотики помогли с ней справиться, но вскоре она вернулась. В итоге Дэвид подвергся еще четырем операциям. Их делали отнюдь не для установки электронных устройств, а для того, чтобы удалить электроды и спасти ему жизнь. Дэвид вспоминает: к тому времени, как всё это кончилось, разрезы у него на голове «напоминали какую-то карту автодорог, и во всех этих разрезах сидела инфекция».

Чтобы сохранить связь с внешним миром, Дэвид должен был найти другой спасительный путь. Стало ясно, что ему придется отыскать способ выжить до тех пор, пока наука не придумает новое, менее инвазивное решение. Это была устрашающая перспектива.

Между тем Кеннеди продолжал свои исследования. В 2004 г. он вживил электроды молодому жителю Джорджии по имени Эрик Рэмзи, который во время автомобильной аварии перенес катастрофический инсульт ствола мозга и в результате оказался изолирован от внешнего мира уже в шестнадцатилетнем возрасте. Рэмзи был совершенно не способен двигать чем-либо, кроме

глазных яблок, что позволяло ему давать ответ «да» (глаза вверх) и «нет» (глаза вниз). Но внутри он полностью сохранял осознание происходящего и был очень даже жив.

Кеннеди решил пойти на один шаг дальше, чем с Дэвидом. Во время предоперационного обследования с помощью фМРТ ученый сумел точно выявить нейронные участки в области двигательной коры, которые неизменно активизировались, когда Рэмзи пытался произнести фразы типа «Это слон» или «Это собака». Исследователь предположил, что эти активизирующиеся участки соответствуют контрольным центрам, которые влияют на то, как мышцы губ, языка, челюсти и глотки движутся для того, чтобы издать эти звуки (Рэмзи мог лишь представлять себе эти движения). Кеннеди выбрал зоны, где эти сигналы представлены наиболее плотно, в качестве мишени: именно сюда он будет всаживать электроды.

На сей раз всё прошло гладко. Вместе с исследователями из Бостонского университета Кеннеди сумел записать отчетливые паттерны активизации 56 нейронов мозга Рэмзи, пока тот «произносил» различные звуки. Благодаря данным, полученным в ходе этой работы, Кеннеди и его коллеги по проекту печатали серьезные статьи в серьезных журналах вроде PLOS Опе или Neuroscience еще очень долго: в частности, такие публикации появлялись в 2009 и 2011 гг. Когда Рэмзи пытался «говорить», электрод, введенный в его мозг, улавливал импульсы, возникающие в его моторной коре, и передавал их на компьютер, который перемещал курсор в различные квадранты экрана, издавая при этом звуки, высота которых соответствовала положению курсора. Метод казался многообещающим. Но потом состояние Рэмзи еще больше ухудшилось, и он уже не мог участвовать в этих исследованиях.

К тому времени FDA отозвало свое разрешение на использование таких устройств в опытах с людьми, и на территории США новых испытуемых уже нельзя было законным путем подвергнуть этой процедуре. По словам Кеннеди, организация стала требовать от него более подробной информации о безопасности его экспериментов — в том числе и сведения о нейротрофических факторах, которые он использует для стимулирования роста нейронов. А когда Кеннеди отказался предоставлять эти данные, Управление отказалось дать добро на дальнейшее применение таких имплантов в работе с людьми.

Эта задержка очень замедлила исследования Кеннеди: новые устройства он сконструирует лишь в 2014 г.

Так что его идеи пришлось развивать другим.

* * *

Как и большинство работающих в этой области, Гервин Шальк с интересом следил за первопроходческими исследованиями Кеннеди. Но он отлично понимал те ограничения, которые накладывает использование единичных электродов. Шальк долгое время провел в царстве абсолюта — бесчисленных страниц компьютерного кода, инструкций, состоящих из простых логических утверждений по схеме «если — то». И ограниченность возможностей электродов, применяемых нейрофизиологами, всегда раздражала его. Даже самый технически совершенный набор электродов мог одновременно записывать сигналы лишь от нескольких сотен нейронов.

Но уже на рубеже тысячелетий Шальк повстречался на одной конференции с Эриком Лейтхардтом, молодым нейрохирургом из Университета Вашингтона в Сент-Луисе, который использовал загадочную технологию под названием электрокортикография (ЭКоГ), или интракраниальная [внутричерепная] ЭЭГ (иЭЭГ), позволявшую исследователю извлекать сигналы непосредственно с поверхности мозга. Хотя эта методика тоже требовала хирургического вмешательства (чтобы приподнять верхнюю часть черепа и получить доступ к внешнему слою мозга), она все-таки не требовала, чтобы хирург проникал в саму кору и вставлял электроды непосредственно в серое вещество мозга, а значит, такая технология была гораздо менее рискованной. А поскольку электроды помещались непосредственно на поверхность мозга, не приходилось опасаться, что сигналы будут отражаться от черепной коробки, тем самым мешая определить точное происхождение этих импульсов. Конечно, разрешающая способность метода не позволяла так точно локализовать сигналы, как это удается сделать с помощью единичных электродов, вводимых непосредственно в мозг. Но Шальк — после более детального обсуждения метода с Лейтхардтом — пришел к выводу, что он может подобраться довольно близко к такой точности, если сумеет собрать данные с достаточно большого количества точек по всей верхней части мозга, а затем с помощью магии математики вычислит, где возникают различные сигналы.

И самое главное: выяснилось, что в распоряжении Лейтхардта имеется практически неистощимый запас добровольцев для исследований — больных эпилепсией, таких людей, как Кэти.

Мы с Шальком стоим у ее койки в Олбани, и Кэти рассказывает нам о целой череде ужасных переживаний, которая в конечном счете и вынудила ее пойти на крайние меры. Несколько лет назад она едва не утонула, когда играла с куклами Барби в ванне вместе со своей маленькой дочерью: у Кэти внезапно случился припадок. В другой раз припадок застал ее за

рулем. Она успела прижаться к обочине и включить парковочный тормоз, но когда ее мышцы свело судорогой, она невольно ударила ногой по педали газа, и машина помчалась под откос, а потом взорвался и запылал каталитический нейтрализатор выхлопных газов.

«Она как кошка, у нее девять жизней», — замечает ее мать.

Вот почему Энтони Ритаччио, лечащий врач Кэти, прекратил выписывать ей противосудорожные препараты, снял верхнюю часть ее черепа и установил целую сеть электродов прямо на обнаженную кору ее головного мозга. Установив зону, ответственную за припадки, специалисты могут определить, сумеют ли они навсегда удалить этот участок мозга без каких-либо нежелательных побочных эффектов. Но для определения участка, где зарождаются припадки, надо, чтобы у Кэти случился припадок. Вот она и ждет его, сидя в своей больничной койке, с паутиной электродов, накрывшей ее мозг, и с пучком проводов, выходящим из него. Иными словами, она — тот зритель, которому не уйти из зала. И она успела заскучать.

Именно благодаря этому Кэти — идеальный испытуемый для исследователей, которым нравится придумывать всякие интересные задания и напрямую наблюдать, как человеческий мозг справляется с ними. Наблюдения проводятся с таким уровнем детализации, которого пока мало кому удавалось достичь.

За последние годы Шальк (как ни невероятно это звучит) ухитрился научить подростков-эпилептиков, прикованных к постели и изнывающих от скуки, мысленно пробираться по запутанным лабиринтам видеоигры «Doom», расстреливая попадающихся на пути монстров и при этом даже не прикасаться к джойстику. Исследователь обучил пациентов «набирать» определенные буквы и даже целые слова на клавиатуре, а также отправлять электронные письма — совершенно не двигая кистями и пальцами рук.

А некоторые исследователи пошли даже дальше. В 2012 г. женщина с парализованными руками и ногами, работавшая со специалистами из Питтсбургского университета, с помощью своих же мыслей, подхваченных электродами, сумела добиться, чтобы механическая рука специального робота поднесла ей ко рту шоколадный батончик, от которого пациентка затем откусила. Но предстоит, еще много работы, прежде чем эти демонстрационные проекты по-настоящему станут повседневной реальностью.

«Да, сегодня вы и вправду видите, как люди силой мысли управляют роботехническими руками, — говорит Джонатан Уолпоу, наставник Шалька. — Но мы еще даже не приблизились к

тому, чтобы вывести эти устройства за пределы лаборатории. Сейчас еще не существует НКИ, который вы захотели бы использовать для управления инвалидным креслом на краю обрыва или для того, чтобы вести машину в плотном потоке. А пока такого не произошло, использование подобных приборов будет очень ограниченным. Вероятно, такая ситуация сохранится и в ближайшем будущем».

Но Шальк стал горячим пропагандистом этой технологии с тех самых пор, когда узнал о существовании ЭКоГ. В ноябре 2006 г. он посетил трехдневную конференцию по «умным протезам», проходившую в калифорнийском Ирвайне. К большому неудовольствию многих присутствующих, во время одного из заседаний он встал и начал распространяться о чудесах ЭКоГ. Заявив, что он может выуживать из мозга информацию, не пробуриваясь в его глубины (и эта информация могла бы позволить обладателю мозга перемещать курсор, играть в компьютерные игры и даже шевелить конечностью-протезом), Шальк атаковал «могучую догму, которая давно укоренилась в нейрофизиологии: мол, единственный способ выяснить, как работает мозг, состоит в записи импульсов отдельных нейронов», отмечает Эльмар Шмайссер, армейский ученый, который в тот день находился в зале.

Многие из сидевших в зале вообще отвергли шальковские находки как ересь и обрушились на них с критикой, заявив: лишь имплантируемые электроды такого типа, который применяли Хьюбел с Визелем, Георгопулос, Фец и Кеннеди, обеспечивают достаточно стабильный доступ к сигналу, чтобы их можно было успешно применять на практике.

Но самого Шмайссера очень воодушевили слова Шалька. В Управлении научных исследований американской армии он отвечал за продвижение и контроль некоторых проектов и приехал на конференцию с мыслью о том, как приспособить НКИ для использования его подопечными. Речь шла не об инвалидах (и уж совершенно точно не о страдающих БАС), а о вполне здоровых военнослужащих обоего пола. Шмайссер искал способы не восстановить утраченную функцию, а расширить возможности уже существующей.

И вот он услышал, как Шальк живо описывает какую-то малопонятную технологию, которая, как утверждает этот специалист, дает доступ к громадной популяции нейронов в режиме реального времени, причем размеры этой популяции намного превосходят размеры той крошечной группы нейронов, которую ученые традиционно изучают с помощью метода однонейронной записи. Кроме того, метод, описываемый

Шальком, явно требует значительно менее радикального хирургического вмешательства.

Шмайссер, высокий отставной полковник с намечающейся лысиной, в очках, с шеей, имеющей диаметр молодого дерева, был своего рода возрожденческим универсалом, чьи интересы простирались весьма далеко и широко. Он защитил кандидатскую по физиологии зрения, он имел довольно серьезные пояса по карате, дзюдо, айкидо и японскому бою на мечах. Но, что в данном случае важнее всего, он всегда с жадностью читал научную фантастику. Одним из его любимых авторов был Эдвард Элмер Смит (публиковавшийся как «Док Э. Э. Смит»). В своем классическом романе

«Космический жаворонок» (вышел в виде книги в 1946-м, печатался в журнале Amazing Stories еще в 1928-м) автор описывает шлем, способный улавливать внутреннюю речь и передавать ее другому человеку: Смит назвал его «мыслительным шлемом». С восьмого класса школы Шмайссер мечтал, что когда-нибудь смогут создать прибор, умеющий читать мысли человека (фразы, которые человек представляет себе, однако не произносит вслух) и затем каким-то образом транслировать их другому.

Шмайссер вспоминает: когда он услышал Шалька на этой конференции, ему показалось, что «всё это внезапно стало возможно».

А вот Шальк прежде не рассматривал возможность расшифровки внутренней речи. Он и слыхом не слыхивал о мыслительном шлеме. Но когда после заседания Шмайссер подошел к нему и поделился своими идеями, они заинтриговали молодого австрийского ученого. Отставной полковник предложил: он мог бы выбить финансирование на такой проект, если только проект позволит как-то продвинуться на пути к достижению его конечной цели — созданию совершенно неинвазивного мыслительного шлема.

* * *

Нужна особая храбрость, чтобы выйти на трибуну перед залом, полным начальников научных отделов, математиков, специалистов по физике элементарных частиц, химиков, экспертов по информатике, пентагоновских генералов, и с невозмутимым видом попросить их дать зеленый свет проекту, направленному на развитие телепатического общения.

Однако вскоре после встречи с Шальком неустрашимый Шмайссер поднялся на трибуну в штаб-квартире Управления научных исследований американской армии в Научно-исследовательском парке «Треугольник» (штат Северная

Каролина) — и представил именно такую программу. Картинно размахивая металлической указкой (вот когда пригодилось его мастерство владения японскими мечами), Шмайссер стремительно демонстрировал слайды, сделанные в программе «PowerPoint», и изо всех сил старался убедить 30 скептически настроенных специалистов, сидящих перед ним за изогнутым подковой столом, что технологические достижения наконец позволили ему вплотную подойти к исполнению своей мальчишеской мечты. Он объявил: пионеры нейрофизиологии уже вовсю подключают электроды к двигательной коре парализованных пациентов, расшифровывая их намерения и тренируя этих людей для того, чтобы они могли управлять своими протезами исключительно силой мысли. А скоро появится целый рад новых методов, которые позволят достигать столь же впечатляющих результатов с помощью гораздо менее инвазивных технологий.

Шмайссер настаивал, что пришло время совершить скачок и вывести эту передовую технологию за пределы двигательной коры и областей мозга, связанных с обработкой сигналов, которые поступают от органов чувств, — добившись того, чтобы с помощью таких методов можно было расшифровывать нейронные сигналы, ассоциируемые с гораздо более сложными вещами — с идеями и внутренней человеческой речью.

Но реакция слушателей была не такой, на какую он надеялся.

Шмайссер вспоминает, как в тот решающий день 2006 г. собравшаяся комиссия вопрошала: «Может ли это реально сработать? Покажите нам доказательства, что это может реально сработать, что вам это не мерещится».

Посовещавшись, комиссия все-таки согласилась выделить Шмайссеру 450 000 долларов, распорядившись, чтобы он выступил перед ней через год, если сумеет добыть данные, которые убедят этих экспертов, что его идея больше, чем просто фантазия.

Шальк и Шмайссер сошлись во мнении, что первым шагом должна стать зримая демонстрация самой возможности детектирования «внутренней речи». Такая демонстрация докажет, что (если воспользоваться выражением комиссии по военным исследованиям) Шмайссеру вовсе не мерещатся реальные перспективы создания мыслительного шлема.

Но Шальк со Шмайссером искали не просто сигналы, связанные с движениями мышц, используемых нами для произнесения слов. Их интересовали сигналы, ассоциируемые с безмолвной речью, с вещами, которые мы говорим лишь мысленно, про себя.

Чтобы отыскать такие сигналы, Шальк и Лейтхардт навербовали 12 скучающих и прикованных к постели людей, страдающих эпилепсией (таких как Кэти), для участия в первой серии экспериментов. Испытуемым предъявляли 36 слов со сравнительно простой структурой — согласный-гласный-согласный (например, группы слов типа «бак», «бек», «бок», «бук», «бык»). Шальк и Лейтхардт попросили пациентов произнести эти слова вслух, а затем просто представить себе, как они их произносят. Инструкции передавались пациентам визуально (через экран компьютера), без всяких аудиосигналов, а затем голосом, без всякого видео: это делалось для того, чтобы пациенты могли легко идентифицировать поступающие сенсорные сигналы в своем мозгу, отличая их от сигналов, подаваемых программой распознавания паттернов. Электроды, работающие по технологии ЭКоГ, весьма точно записывали карту нейронной активности, которая при этом возникала.

Как и следовало ожидать, когда испытуемые произносили слово вслух, приборы отмечали активность нейронов в тех участках моторной коры, которые связаны с деятельностью мышц, порождающих речь. Слуховая кора и зона поблизости от нее, которую и до этого долго считали участвующей в процессах речи (так называемая область Вернике), также активизировались именно в эти моменты.

Когда испытуемых просили мысленно представить себе эти слова, но не произносить их вслух, моторная кора оставалась неактивной. Но вот что странно: даже когда испытуемые безмолвно «воображали» слова, у них оказывались активны и слуховая кора, и область Вернике. Каким-то образом сама мысль о том, что вы слышите или произносите слово, заставляла эти зоны мозга прямо-таки вспыхивать активностью. И хотя было неясно, почему эти зоны активны, что они при этом делают и что это означает, эти предварительные и приблизительные результаты положили хорошее начало исследованиям. Экспериментаторы выяснили: когда испытуемые мысленно говорят, у них в мозгу происходит нечто такое, что можно обнаружить с помощью приборов.

Шмайссер представил данные, полученные Шальком, всё той же армейской комиссии — и попросил ее выделить финансирование на официальный проект по созданию реального шлема для чтения мыслей. Это устройство виделось ему как переносной интерфейс между сознанием человека и машиной. Будучи активированы, сенсоры, расположенные внутри шлема, принялись бы сканировать тысячи мозговых волн, колеблющихся в голове солдата, а микропроцессор с помощью программы

распознавания паттернов расшифровывал бы эти волны, переводя их в определенные фразы и слова. Получившееся послание затем передавалось бы по радиосвязи на приемник, который транслировал бы их через наушник другому бойцу. Можно было бы и слушать эти слова через динамик — где-нибудь на далеком командном посту. В общем, это открывало возможности, которые легко себе представить:

— Берегись! Противник справа!

— Срочно пришлите медэвакуаторов!

И прочее в том же роде.

На сей раз комиссия согласилась с предложением без особых споров. Чтобы максимально повысить шансы на успех, Шмайссер решил распределить армейское финансирование, которое он добыл, между двумя университетскими группами. Первую команду возглавил Шальк, и она ориентировалась на более инвазивный подход: задействуя метод ЭКоГ, вставляла электроды внутрь черепной коробки добровольцев. Руководить второй группой стал Майк д'Змура, специалист по когнитивным исследованиям из Калифорнийского университета в Ирвайне. Эта группа планировала использовать обычную электроэнцефалографию (ЭЭГ), неинвазивную технологию сканирования мозга, куда более подходящую для создания реального мыслительного шлема.

Именно участник второй команды, известный нейрофизиолог из Нью-Йоркского университета по имени Дэвид Пёппель, сделал следующий большой шаг по части усовершенствования методологии исследований. Сегодня он готов признаться, что поначалу, в 2008 г., сидя в своем кабинете на втором этаже факультета психологии, он понятия не имел, с чего начинать. Перед этим он уже успел поучаствовать в разработке детальной модели систем распознавания звучащей речи. Об этой модели писали во многих учебниках, но она совершенно не позволяла понять, как измерить нечто воображаемое.

Пёппель подумал: больше ста лет такие эксперименты с речью следовали одному и тому же нехитрому плану. Попросите испытуемого послушать определенное слово или фразу. Количественно измерьте его реакцию на это слово или фразу (например, сколько у него уходит времени на то, чтобы повторить услышанное). А затем покажите, как эта реакция связана с активностью его мозга. Аналогичным образом измерить параметры внутренней, воображаемой речи было куда сложнее: одна случайная мысль могла сбить с курса весь эксперимент.

И Пёппель осознал, что для решения этой проблемы нужен какой-то новый метод изучения мозга. Вместе со своим постдоком

по имени Синь Тьян он решил воспользоваться мощной технологией сканирования мозга, — магнитоэнцефалографией (МЭГ) — для того, чтобы провести предварительную разведку. МЭГ дает примерно такое же пространственное разрешение, как и ЭКоГ, но при этом не возникает необходимости снимать часть черепа испытуемого, к тому же этот метод точнее, чем ЭЭГ. Впрочем, у него имеется и недостаток: вам нельзя особенно шевелиться, иначе сигнал собьется.

Пёппель и Тьян отправляли своих добровольцев в трехтонную комнату, обшитую изнутри бежевыми панелями, а вообще-то сделанную из особого сплава и меди — для защиты от обычных электромагнитных полей, проходящих сквозь это помещение. В центре комнаты располагалась машина весом в тонну и высотой почти два метра. Она чем то напоминала огромный фен для волос, какие используются в салонах красоты, но содержала сканеры, способные улавливать очень слабые магнитные поля, порождаемые активизацией нейронов в голове всякого, кто усядется под этот «фен». Усадив испытуемых, экспериментаторы просили их представить, что они произносят слова типа «атлет», «музыкант» и «обед». Затем их просили представить, что они слышат эти же слова.

Когда Пёппель стал анализировать результаты, он заметил нечто необычное. Когда испытуемый представлял себе, что слышит слова, его слуховая кора активизировалась, давая на экране характерный рисунок из красных и зеленых точек. Это как раз не стало неожиданностью: предшествующие исследования уже показали, что слуховая кора как-то связана с воображаемыми звуками. Но когда добровольца просили представить себе, что он произносит слово, слуховая кора давала почти такой же рисунок — почти такое же распределение красных и зеленых точек. Он был похож на тот след, который Шальк заметил во время предварительной стадии эксперимента. Но результаты Пёппеля были еще яснее: казалось, «нечто», которое при помощи ЭКоГ уловили Шальк с Лейтхардтом, невероятно похоже на то «нечто», которое можно увидеть, сканируя мозг произносящего слова вслух. Может быть, тот «внутренний голос», который мы иногда слышим у себя в голове, действительно в буквальном смысле является внутренним голосом, который мы слышим у себя в голове?

Ученые давно знали о существовании в мозгу механизма коррекции ошибок, связанных с моторными командами. Когда мозг посылает распоряжение двигательной области коры, скажем, дать указание руке дотянуться до чашки воды и взять ее, мозг заодно создает и некое внутреннее впечатление (так называемую

эфферентную копию[29]) того, как будет выглядеть и ощущаться получившееся движение. Это позволяет мозгу сравнивать реальное мышечное действие с запланированным и при необходимости вносить коррективы в это реальное движение.

Пёппель полагал, что он наблюдает именно эфферентную копию речи, возникающую в областях слуховой коры, отвечающих за высокоуровневую обработку аудиоинформации. «Когда вы планируете заговорить, вы активируете слуховую часть мозга еще до того, как произнесете то слово, которое хотите, — объясняет он. — Ваш мозг предсказывает, как будет звучать это слово».

Исследователь сразу же осознал потенциальную значимость этого открытия. Если мозг содержит копию того, как мысль будет звучать при произнесении вслух, не исключено, что окажется возможным уловить эту нейронную запись и перевести ее в понятные слова. Но для успешного конструирования мыслительного шлема потребовалось бы не только выявить эту эфферентную копию, но и найти способ как-то изолировать ее на фоне массы прочих мозговых волн. Тут-то и могла пригодиться квалификация Шалька.

В конце концов оказалось, что расшифровка сигналов, поступающих от миллионов нейронов, представляет собой, по сути, просто игру с числами. Со времени запуска проекта Шальк и его коллеги продемонстрировали, что с помощью своей методики они могут определять различие между гласными и согласными звуками. Но даже это детектирование никогда не было идеальным. После многих лет упорного совершенствования своих алгоритмов Шальк добился того, чтобы его программа правильно определяла, гласный или согласный звук представляется в мозгу, лишь в 45 % случаев (шанс верного угадывания был равен 25 %). Но вместо того, чтобы стремиться довести эти показатели до 100 %, Шальк сосредоточился на другой задаче: ему хотелось научиться расшифровывать как можно более сложные вещи.

От выявления различий между отдельно взятыми гласными и согласными он перешел к выявлению различий между гласными и согласными, находящимися в составе слов, а затем — к индивидуальным фонемам (упрощенно говоря, к звукам, которые отличают слова друг от друга: например, к звукам [к], [м], [с] и [н] в словах «ком», «кон», «СОМ» И «СОН»).

Это почти всё, чего успел добиться Шальк к тому времени, как кончились средства, которые для него добыл Шмайссер. От этих результатов было еще очень далеко до шмайссеровского мыслительного шлема. Но Шальк заявляет, что реальное конструирование шлема никогда не входило в их задачу.

«В 2006 г. всё это было чистое умозрение, не более чем

научная фантастика, — отмечает ученый. — Но теперь это уже явно не так».

И в самом деле, некоторые из наиболее вдохновляющих достижений Шалька появились уже после завершения проекта.

* * *

Отойдя от койки Кэти, я вслед за Шальком иду по коридору. Мы спускаемся на лифте и выходим на парковку, а затем проезжаем по улице и вскоре оказываемся возле нужного нам строения — приземистой бетонной коробки. В своем скудно обставленном кабинете Шальк усаживает меня перед большим компьютерным экраном и парой динамиков.

Исследователь выводит на экран массу мозговых сигналов, всяких извилистых линий и всевозможных графиков. Затем он включает динамики. Шальк объясняет: в течение многих месяцев он таскал динамики по больничным палатам и ставил один и тот же фрагмент одной и той же песни «Pink Floyd» примерно дюжине перенесших операцию на мозге или ожидающих ее — таким пациентам, как Кэти. Пациенты слушали эту часть композиции, а Шальк фиксировал активность нейронов в зонах их мозга, отвечающих за обработку аудиосигналов. Затем Шальк передал файл с этими записями мозговой активности в одну из лабораторий Калифорнийского университета в Беркли, где анализом данных занялся Роберт Найт.

«Не желаю ли я услышать, что Найт и его группа сумели вычленить из этой массы мозговых данных?» — спрашивает Шальк и нажимает на клавишу.

Это что-то невероятное и даже жутковатое. В динамике начинает настойчиво стучать бас-гитара, словно бешено бьющееся человеческое сердце. Звук немного глуховатый, словно доносится из-под воды, но это явный бас, никаких сомнений. Умоляющие стоны соло-гитары создают особого рода эхо: судя по всему, нажата педаль спецэффектов. С каждой новой музыкальной фразой ноты сыплются всё быстрее. Темп ошеломляющий, но в музыке, выходящей из динамика, есть нечто гипнотическое. Я сразу же понимаю, что это за вещь: мы слышим незабываемые завораживающие звуки флойдовской композиции «Еще один кирпич в стене, часть 1» (По словам Шалька, он выбрал ее именно в силу психоделичности: ему показалось, что в данном случае это уместно.) Если забыть про глуховатость звучания, песня совершенно идентична той, которую я слушал в старших классах. Только вот источник этой версии — мозговые волны, а не какая-то банальная аудиозапись. По спине у меня пробегает холодок.

«Качество идеальное? — спрашивает Шальке. И сам же отвечает: — Нет. Но мы знаем не только то, что пациент слышит

музыку, не только жанр или что-то в этом роде: вы узнаёте песню, безошибочно узнаёте конкретную вещь. Довольно безумно, правда? Когда-то такие штуки были фантастикой. Но теперь это уже больше не фантастика».

Это достижение стало возможным благодаря тому же открытию, которое позволило биоинженерам подключить протезы к моторной коре, — благодаря тому, что удалось выяснить: у большинства нейронов есть «кривая настройки». Георгопулос обнаружил, что некоторые из нейронов моторной коры с наибольшей охотой откликаются на определенное направление движения. Позже исследователи слухового восприятия сумели показать, что нейроны слуховой коры тоже имеют свои предпочтения — по части реагирования на определенные разновидности звуков. Они чаще всего порождают импульсы в ответ не на определенное направление и скорость движения (как нейроны моторной коры), а на определенную высоту ноты и амплитуду звука. Найт и его группа поняли: если сыграть определенному нейрону слуховой коры нужную ноту, он с большой вероятностью даст импульс — подобно тому, как у Хьюбела и Визеля нейрон зрительной коры подопытной кошки стабильно давал импульс, восприняв линию, проходящую под определенным углом. Если нота будет всё больше отличаться от предпочитаемой данным нейроном (такие предпочтения складываются под влиянием некоей комбинации генетических факторов и опыта), его скорость испускания импульсов будет уменьшаться — подобно тому, как она уменьшается у нейрона моторной коры, когда планируемое направление движения отличается от того угла, который предпочитает этот нейрон.

Сейчас Шальк и его коллеги из Беркли пытаются научиться определять, какой текст мысленно произносят пациенты — Геттисбергскую речь Линкольна, инаугурационную речь Кеннеди или детский стишок про Шалтая-Болтая — лишь путем изучения данных об активности их мозга. Затем они хотят попробовать воспроизвести эту внутреннюю речь с помощью понятных звуков, применяя такую же методику, о которой мы рассказали.

* * *

Есть и еще одно многообещающее достижение на этом пути. В 2014 г. Фил Кеннеди снова вступил в гонку исследователей, стремящихся расшифровать внутреннюю речь. Имплантировать электроды в новых американских пациентов по-прежнему было запрещено, и Кеннеди опасался, что его двадцатидевятилетние исследования «зачахнут на корню», если он не примет решительные меры. Поэтому он отправился в Белиз и заплатил одному нейрохирургу 25 000 долларов, чтобы он имплантировал

электроды в речевую зону моторной коры самого Кеннеди. Исследователь рассудил: при этом он не утратит способности говорить, а поскольку он будет проводить эксперимент сам, то будет точно знать, в какой именно момент он представляет, что произносит слова. А значит, это позволит ему точно вычленить мозговые сигналы, возникающие именно в то мгновение, когда он представляет себе эти слова.

Вернувшись домой в Дулут (штат Джорджия), Кеннеди начал кропотливую работу в своей речевой лаборатории (по большей части в одиночку), записывая, как активируются его нейроны, когда он снова и снова повторяет 29 фонем (таких как [а], [э], [э], [о], [у], [jу] и такие согласные, как [ч] и [дж]) — сначала вслух, а потом про себя. То же самое он проделал примерно с 290 короткими словами (такими как «мел» или «план»). Кроме того, он использовал фразы с резко отличающимися комбинациями фонем: «Привет, мир», «В какой частной фирме», «Мальчик рад даже краткой пробежке».

Кеннеди надеялся несколько лет пожить с этими имплантами в мозгу, собирая данные, усовершенствуя методику контроля и публикуя статьи. Но черепной разрез всё никак не затягивался полностью, и возникла опасная ситуация. Уже в январе 2015-го, после всего нескольких недель сбора информации, Кеннеди пришлось обратиться к врачам одной из ближайших больниц, чтобы те удалили импланты: это должно было позволить разрезу зарасти. Счет за операцию составил 94 000 долларов. Кеннеди переправил его своей страховой компании (он уверяет, что сам в итоге заплатил всего 15 000). Но он все-таки успел набрать достаточно данных для того, чтобы возобновить свои исследования. Ученый надеется совершить открытия, которые станут дополнением работ Шалька со слуховой корой.

«Я еще легко отделался, так что я вполне доволен, — замечает он. — После операции у меня на голове какое-то время оставалось несколько синяков и шишек, зато я получил четыре недели очень хороших данных. Я. буду их еще долго использовать в своей работе».

Между тем прошло уже почти 30 лет с тех пор, как Дэвиду Джейну поставили страшный диагноз, а пациент до сих пор с нами. Утратив способность шевелить пальцами, он стал использовать инфракрасный переключатель, установленный на очках. Дэвид активировал устройство поднятием бровей. Позже он вызвался стать подопытным кроликом в еще одном проекте Фила Кеннеди, в результате чего удалось создать прибор, который Дэвид использует сегодня: электромиографический (ЭМГ-) сенсор с Bluetooth, установленный на его нижней челюсти.

Этот датчик улавливает электрические сигналы, порождаемые микросокращениями мышц, и передает их программе, которая интерпретирует эти сигналы, как нажатие на клавишу или клик мышкой. В 2000 г. аналогичный прибор состоял из двух блоков общим размером с батон хлеба, из ноутбука и десяти метров кабелей и проводов. Теперь это вполне компактная система с беспроводной связью.

Похоже, пока этого достаточно. Сейчас Дэвид способен набирать девять слов в минуту. Он сообщает, что в последние месяцы открыл для себя новую диету и новый режим восстановления. Он уверяет, что именно благодаря этому начал вновь обретать утраченную возможность двигаться, хотя пока и в очень ограниченных масштабах: сегодня Дэвид может улыбаться, двигать головой, сгибать мышцы ног. Он регулярно пишет о своих очередных достижениях на Фейсбуке, где у него почти 3300 подписчиков.

Я спросил у Дэвида по электронной почте, что он думает о проектах Гервина Шалька и о продолжающихся экспериментах Фила Кеннеди.

«Фил очень крутой, — написал он. — Мужик отвечает за свои слова».

Что касается «речевого протеза»:

«Если докажут, что эта штука работает, я ее с радостью приму. Я та‘к понимаю, прибор будет включаться почти спонтанно? Будет очень трудно научиться держать воображаемый рот на замке. Господи, помилуй, ну и шикарная задница у этой дамочки! Ой, я что же — сказал это вслух???»

Нет никаких сомнений, что во многих смыслах Дэвид продолжает жить полной жизнью. Не верится, но он сейчас женат уже в третий раз. (Он сохранил осязание, так что сексуальные функции по-прежнему при нем.) Он много раз ссорился и мирился с многочисленными родными. Его сестра Сью Энн отмечает, что его способность общаться теперь так развилась, что они действительно могут ссориться и мириться и что в последнее время они много раз беседовали обо всяких сложных вещах.

«Имейте в виду, как только он получил возможность общаться, у нас с ним начались нормальные, полноценные человеческие разговоры, — отмечает она. — Я часто даже подумывала отключить эту штуку [коммуникационное устройство]: заткнись, заткнись!»

Сам факт, что близкий человек Дэвида позволяет себе столь легкомысленный комментарий, служит самым убедительным свидетельством эффективности этой технологии среди всех аналогичных свидетельств, с какими мне доводилось встречаться.

Но сам Дэвид Джейн не хочет, чтобы его ситуацию восприняли неправильно.

«Конечно, у меня было куда больше всяких радостей до БАС», — пишет он.

Его мать выражается еще прямее.

«Хорошо, что вы вообще пишете об этой болезни, — сказала она мне. — Только, пожалуйста, не представляйте дело так, будто это прямо рай земной. Она может вытворять ужасные вещи с близкими больных. И потом, немногие больные выживают после всех этих изменений, которые с ними происходят. У Дэвида бывали очень нелегкие времена, уж не знаю, понимаете ли вы, насколько нелегкие».

Дэвид настаивает, что все-таки обрел какую-никакую удовлетворенность.

«В моей жизни изменилось всё, кроме моей решимости и любви к новым впечатлениям, — пишет он. — Это моя жизнь. Я ее принял, я с ней смирился. Поэтому я счастлив».

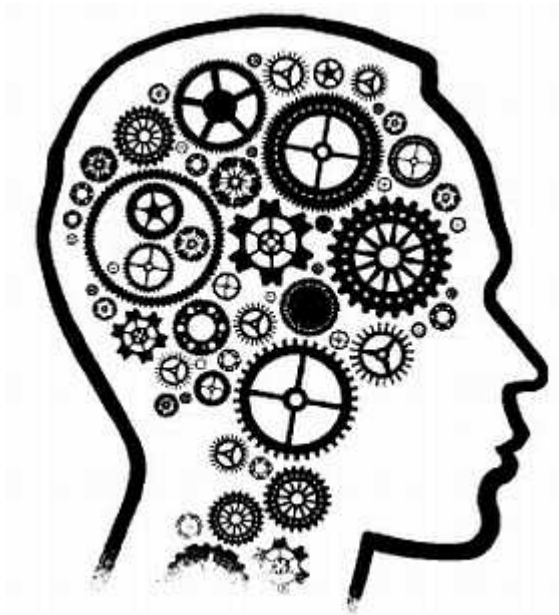
Тем не менее Дэвид особо подчеркивает, что способность общаться оказалась столь же важна для его выживания, как и способность дышать.

«Меня трудно напугать, но я распорядился отключить меня [от системы жизнеобеспечения], если я потеряю эту способность связываться с миром, — пишет он. — Меня не интересует, какое у меня тогда будет качество жизни. Не собираюсь узнавать это на собственной шкуре. Что касается моей теперешней жизни, то я, конечно, не всё могу, и это создает некоторый дискомфорт. Но кайф от сознания, что ты кого-то ободрил, сильнее, чем от любого вещества, какое я когда-нибудь себе вводил».

Часть III
МЫШЛЕНИЕ

Глава 7
Мальчик, который помнит все

Виагра для мозга



Кто-то неминуемо должен был пострадать. Но если бы вы знали персонажей, обитавших в типичном городском районе американского Среднего Запада, где вырос Тим Талли и его пять неугомонных братьев и сестер (все — ирландские католики), вы сразу поняли бы, почему это так.

Город Вашингтон (тот, что в Иллинойсе) был как раз таким местом, где десятки детей носятся по улицам, окаймленным аккуратно подстриженными живыми изгородями и скромными домами с полуэтажами. В жаркие летние месяцы эти сорванцы обстреливали друг друга из водяных пистолетов, дрались, играли в «охоту на беглеца». Как и в большинстве таких стай, здесь часто имелись альфа-самец или альфа-самка, и ничто не помогало вам подняться по иерархической лестнице лучше, чем демонстрация, что вам не слабо сделать определенную вещь. В здешних местах для этого использовали велосипеды, на которых два состязающихся, разогнавшись изо всех сил, мчались друг на друга. Каждый участник хотел, чтобы его соперник первым съехал с дороги. Зимой Талли и его приятели убирали велики и доставали санки.

Это объясняет события одного снежного рождественского дня 1968 г. Все подарки уже распаковали, и теперь пришло время игр и забав. Так что компания собралась на верхушке холма за домом Талли, чтобы в очередной раз проверить друг друга «на слабо» — посредством методики, которую они изобрели специально для этой необычной местности. Цель состояла в том, чтобы заставить других саночников скатиться с устрашающего выступа, который ребята прозвали «утесом». Игровая площадка состояла из небольшого уклона, шедшего с севера на юг вдоль трех дворов (двор

Талли располагался посередине). В задней части этих дворов находился примерно 25-футовый обрыв, наклон которого составлял примерно 80˚. Пролетев примерно треть этого пути, можно было легко совершить отвесное падение с десяти футов в замерзший ручей, протекавший внизу. Большинство саночников, вынужденных скатиться с «утеса», применяли стандартную тактику выживания. Лучшим методом было скатиться с санок и попробовать ухватиться за какое-нибудь дерево, чтобы замедлить спуск. Это было не так уж неприятно. Вернув себе транспортное средство, вы совершали унизительное восхождение обратно на вершину крутого обрыва, подтягиваясь руками и используя при этом корни и ветки для стабилизации подъема. Оказавшись наверху, вы подвергались небольшому сеансу насмешек, после чего имели шанс реабилитироваться.

В тот рождественский день 14-летний Талли мчался на своих санках вниз по склону холма, вопя от восторга, как вдруг коварный толчок соперника отправил его с обрыва головой вниз. Талли внезапно решил рискнуть и отказаться от обычного эвакуационного протокола. Ему захотелось в полной мере насладиться полетом. По его оценкам, под ним на земле лежал слой снега толщиной в два-три фута, и он подумал, что это смягчит его приземление, когда он наконец достигнет дна. Покрепче стиснув борта своего аппарата, он устремился вниз. Возможно, ему и удалась бы эта затея, если бы не пень, прячущийся в снегу. Когда санки наткнулись на пень, Талли катапультировало вперед. Он совершил целую серию воздушных акробатических трюков, а также ряд сальто с ударами о землю: всё это казалось таким невероятным, что навсегда вошло в местный подростковый фольклор.

В процессе этого падения Талли врезал себе коленом по лицу и потерял сознание. Через несколько месяцев, после того, как сошел снег, он вернется на это место и найдет в траве один из своих передних зубов. Талли не помнил, как его потерял. Собственно говоря, он вообще не помнил, что происходило в тот

день. Любопытно, что, когда он очнулся в своей постели, ослабевший, с головокружением, с сотрясением мозга, с настолько распухшим ртом, что его не удавалось открыть, Талли был уверен, что сегодня пятница, которая была две недели назад. Каким-то образом у него из памяти «выпало» 14 дней — так же безвозвратно, как у Генри Молисона и ему подобных, которые быстро и навсегда теряют каждый новый час своей жизни. Инцидент словно бы стер часть его «жесткого диска». Провал в памяти оказался у него настолько постоянным, а его уверенность в (неверной) дате — настолько несокрушимой, что родители мальчика снова запаковали его рождественские подарки, чтобы он мог заново испытать радость их открывания.

Даже в те годы, когда он уже учился в колледже, Талли по-прежнему частенько размышлял над загадками памяти и над этой поездкой на санках. Как это удар по голове стер из нее целых две недели? А если новые воспоминания — это какие-то отдельные штуки, которые можно отделять от прочих наших переживаний и просто удалять таким вот манером, то нельзя ли научиться проделывать обратную процедуру — захватив новые впечатления и переживания, тут же насытить их ясностью и постоянством картины или фотографии? Нельзя ли обращать вспять тот неизбежный упадок памяти, который, по-видимому, всех нас ожидает по мере старения? Существует ли способ распутать тайны памяти?

* * *

Мы с Тимом Талли стоим посреди обширного внутреннего двора-атриума, просвеченного полосами солнца и окруженного несколькими этажами стеклянных окон. Трудно представить себе, что когда-то этот человек был подростком с выбитым передним зубом и жил в крошечном городке Вашингтон (штат Иллинойс).

И аккуратно подстриженная бородка, и шапка седеющих волос, которые он небрежно зачесывает набок, придают ему облик весьма респектабельной личности. К тому же внутри этого огромного здания на холме близ Сан-Диего (общая площадь помещений — около 18 600 квадратных метров), где когда-то находился завод сотовых телефонов «Nokia», Талли не нужно демонстрировать, что он не боится столкнуться с кем-то лоб в лоб, дабы завоевать звание главного пса в стае. Он и без того ежедневно командует здесь всем.

Мы смотрим вверх, на ярусы лабораторий, и я вижу, как за большими стеклянными окнами суетятся исследователи в белых халатах, занимаясь кристаллографией белков и другими чудесами современной науки. Рядом роботехнические руки с огромной точностью подхватывают длинными металлическими

пальцами крошечные пластинки, каждая из которых содержит одно из 1536 различных фармацевтических соединений. Механические руки помещают их то в инкубатор, то в сканер.

В другом отсеке биохимики составляют химическую библиотеку на 800 ООО молекул (большинство из них синтезируется из самых простых компонентов), которые затем можно будет использовать для создания новых лекарств.

«Мы не особо задаемся, ведь нам-то не приходится искать финансирование, — говорит мне Талли. — Но мы здесь занимаемся реальными вещами».

Вот куда привело его путешествие, которое началось на том обрыве больше четырех десятков лет назад. Сегодня Талли работает на переднем крае исследований, цель которых — не только раскрыть многочисленные секреты памяти, но и продвинуться гораздо дальше. При поддержке одного миллиардера-отшельника, который готов отвалить на этот проект до 2 млрд долларов, Талли пытается создать препараты, которые могли бы когда-нибудь всем нам подарить великолепную память и навсегда снабдить нас иммунитетом от этих ужасных моментов, когда у нас что-то «ну совершенно вылетело из головы». (Талли планирует заручиться разрешением официальных органов на клинические испытания, а в дальнейшем и на применение этих лекарств.) Иными словами, он старается искусственным путем добиться эффекта, противоположного удару коленом в лицо, выбивающему зубы и вызывающему сотрясение мозга. Тим Талли намерен сделать «таблетку памяти».

Исследователь не сомневается: вполне возможно найти способ наделить всех нас чем-то вроде фотографической памяти. Он уже проделал это с мушками-дрозофилами, а также с мышами и другими млекопитающими.

«О, мы обязательно найдем способ, — обещает он. — Не беспокойтесь».

Не обязательно верить ему на слово. Талли утверждает: не так уж трудно найти подтверждения его тезиса. Достаточно обратиться к истории.

* * *

Большинство из нас время от времени испытывает проблемы с памятью. Мы морщим лоб, изо всех сил стараясь припомнить подробности, которые просто обязаны знать. Куда мы задевали сегодня утром ключи от машины? Как зовут ту женщину, с которой мы познакомились на вечеринке? И что все-таки произошло за эти две недели?

В худшем случае мы теряем память целиком. Старческое слабоумие (деменция) и болезнь Альцгеймера вынуждают

человека расставаться с жизнью в одиночестве. Зачастую это происходит достаточно медленно и плавно, чтобы у обреченных на эти страдания возникло горестное понимание: всё постепенно уходит, как песок сквозь пальцы.

Я издали наблюдал, как это происходило с моим дедушкой Мэнни, блистательным среброволосым физиком, курившим трубку и вместе со мной смотревшим по телевизору, как играет моя любимая команда «Бостон Ред Соке». Когда-то его семья перебралась в Америку из Восточной Европы. Мэнни вырос среди гарлемской нищеты и в конце концов стал первым евреем, который сделался главным научным советником президента США. В свои последние годы он медленно растворялся в умственном тумане, и даже моя гордая и самоотверженная бабушка Нора в конце концов призналась, что ей необходима помощь. Незадолго до смерти Мэнни часто просыпался ранним утром, в бреду настойчиво уверяя медсестер-гаитянок (дежуривших в его бруклинском обиталище, где он жил уже давным-давно), что он опаздывает на совещание в Белом доме.

Когда-то я очень беспокоился о своем отце, который со времен моего детства каждый день тщетно искал ключи от дома. Но недавно я стал замечать и ограниченность собственной памяти: если бы не жена, мы по утрам так и не могли бы выйти из дому, потому что я вечно забываю, куда положил важные вещи. Иногда я не без тревоги думаю: что ждет меня впереди?

Некоторые специалисты полагают, что старческое слабоумие — первое смертельное заболевание, подробно описанное в западной литературе. В «Одиссее» Гомер повествует о судьбе отца Одиссея — короля Лаэрта. Вернувшись на родину после двадцатилетнего отсутствия, герой обнаруживает, что его отец в грязном рубище трудится на поле, совершенно не осознавая ту угрозу, которой подвергается его родовое поместье.

Но одним из магистральных сюжетов в истории и искусстве является не только утрата памяти, но и противоположное явление. Время от времени рождается человек, чей мозг словно бы действует на основе совершенно иного набора принципов, нежели мозг всех остальных людей: уникум, чья память выходит далеко за пределы нормальных и привычных возможностей. Эти феномены очень вдохновляют Тима Талли и ему подобных, намекая: может быть, наша память вовсе не обязательно должна работать именно так, как мы привыкли.

В XIX в. жил некий Уиггинс по прозвищу Слепой Том, раб-афроамериканец, необразованный гений, который, как говорили, обладал талантом пересказывать слово в слово разговоры длиной до десяти минут, научился играть на пианино и сочинять музыку

на нем же, а затем прославился на весь мир благодаря способности воспроизводить по памяти любой музыкальный фрагмент, который сыграли ему всего один раз. Он объехал с гастролями весь мир и выступал в Белом доме перед президентом Джеймсом Бьюкененом. В более недавние времена жил американец по имени Ким Пик. Он мог за час прочесть книгу, запомнив ее от корки до корки. Пик умер в 2009-м и за свою жизнь прочел целых 12 000 книг, целиком запомнив большинство из них и став прототипом главного героя фильма «Человек дождя».

В XX в. мир узнал о советском газетном репортере по имени Соломон Вениаминович Шерешевский, который мог слово в слово цитировать разговоры и речи, свидетелем которых он стал несколько десятков лет назад, и обладал способностью за какие-то минуты запоминать длинные числа, математические формулы и большие отрывки из книг.

«Я просто вынужден был признать, — писал о своем знаменитом подопечном советский нейропсихолог Александр Романович Лурия, — что объем его памяти не имеет четких границ».

А сегодня у нас есть Джейк Хауслер. В двухлетнем возрасте Джейк начал указывать на припаркованные машины во время прогулок со своей матерью Сари по нью-джерсийскому пригороду, где они жили, и произносил какие-то цифры — казалось, просто случайные. В один прекрасный день Сари вдруг поняла, что это номера талонов техосмотра, прикрепленных в углу ветрового стекла каждого автомоби ля. Оказывается, он их запомнил. Вскоре Эрик, муж Сари, понял, что Джейк знает, на какой полке и в каком именно месте находится каждый товар в ближайшем универмаге ShopRite.

К пяти годам Джейк мог не только перечислить столицы всех штатов, но и описать флаг каждого штата и назвать почти всех птиц, которые служат символами штатов. Однажды, пока его везли домой из школы, Джейк со своего сиденья, на котором лежала специальная подушка, чтобы он мог использовать обычные ремни безопасности, сообщил, какая погода была в каждый из дней последних нескольких месяцев, какой это был день недели и кого из его группы детского сада вызвали к доске, чтобы он записал это слово. Затем он продемонстрировал своей ошеломленной матери, что может выдавать эту информацию как хронологически, так и выстраивая имена своих однокашников в алфавитном порядке.

Существование таких людей, как Слепой Том Уиггинс, Ким Пик, Соломон Шерешевский и Джейк Хауслер, намекает на то,

что в каждом из нас таятся неиспользуемые ментальные механизмы, которые так и ждут, чтобы мы до них добрались. Но лишь в последние годы такие ученые, как Талли, по-настоящему приступили к разгадыванию этих тайн — с помощью методов, точность которых, быть может, позволит нам действительно проникнуть в эти механизмы и найти способ реализации этого потенциала во всех нас. Лишь сейчас у нас появились инструменты для сканирования мозга и генетического анализа, а также другие диагностические средства, которые дают Талли и его коллегам реальный шанс расшифровать этот код.

Многие относят рождение современной науки о памяти к концу XIX в., когда некий немецкий философ тридцати с чем-то лет, обладатель густой темной бороды и необычной (иные сказали бы — мазохистской) целеустремленности, в одиночку отправился в Париж.

Философа звали Герман Эббингауз. Прибыв во французскую столицу, он снял комнатку, из которой открывался вид на городские крыши, и приступил к кропотливой и тщательной работе над проектом, который в конечном счете произвел революцию в науке, так что решимость молодого исследователя в самых лестных выражениях хвалили еще несколько поколений ученых (так, Уильям Джеймс назвал его деяния «героическими»).

Эббингауз решил на практике точно определить пределы своей памяти, чего бы это ему ни стоило. Для этого потребовалось пойти на крайние меры. Добиваясь того, чтобы ассоциации, сформировавшиеся ранее, уж никак не могли повлиять на результаты его эксперимента, Эббингауз создал 2300 новых комбинаций гласных и согласных — «бессмысленных слов» (так он их назвал). Он записал каждое такое сочетание букв на отдельном листке бумаги, а затем случайным образом выбирал эти листки, составляя списки бессмысленных слов: в каждом перечне их было от 7 до 36. А потом он уселся за главную работу: он намеревался запомнить каждый список.

Ученому хотелось понять и охарактеризовать возможности наиболее простого и фундаментального инструмента, с помощью которого мы запоминаем всякие вещи, — повторения. Во время каждого опыта он твердо придерживался определенной процедуры, чтобы, опять же, не оказать ненужного влияния на результаты: сначала в такт метроному, а затем в такт тиканью своих часов исследователь зачитывал каждое слово из своего списка так, чтобы скорость чтения составляла ровно 150 слов в минуту. Он повторял каждый список, пока не обнаруживал, что выучил его наизусть. Ученый измерял интервалы между этими уроками. Он устроил так, чтобы каждый день проводить уроки в

одно и то же время. При этом он старательно фиксировал и точность формирующихся новых воспоминаний, и количество повторений, необходимое для того, чтобы эти воспоминания сформировались. Заодно он всякий раз выстраивал «кривую забвения» (как он ее называл), отмечая, как и когда эти воспоминания начинают угасать. Так Эббингауз стал одним из первых, кто вывел конкретные закономерности, детально характеризующие использование повторения для формирования новых воспоминаний.

В числе первых закономерностей, обнаруженных и продемонстрированных Эббингаузом, оказалась такая: время, необходимое для запоминания бессмысленных слов или слогов, резко возрастет по мере удлинения списка. Список из шести-семи пунктов часто удавалось выучить уже после одного предъявления, тогда как для более длинных перечней требовалось больше практики (отчасти это явление обусловлено ограниченной емкостью нашей «оперативной памяти»). Эббингауз показал также, что мы с большей вероятностью запоминаем находящееся в начале или в конце списка, нежели то, что находится в его середине (запоминание того, что стоит в начале списка, он назвал «эффектом первичного воздействия», а того, что стоит в конце, — «эффектом недавнего воздействия»). Исследователь показал также, что даже небольшая практика, которой совершенно недостаточно для запоминания слова, все-таки может облегчить запоминание этого слова в дальнейшем. Память кумулятивна [иными словами, ей свойственен накопительный эффект].

Но одним из самых важных и фундаментальных наблюдений Эббингауза стало следующее: хотя сам по себе процесс повторения уже может привести к тому, что какие-то сведения надолго осядут у нас в памяти, огромную роль при этом играет тип повторений и интервалы между повторениями. Исследователь обнаружил: самый эффективный способ запоминания материала состоит в том, чтобы распределить во времени сравнительно короткие уроки, а не устраивать себе один длинный и непрерывный, стремясь запихнуть в него всё возможное. Как знает всякий студент, зубрежка, которую устраиваешь в последнюю минуту, стремясь набить в голову всю программу, может слегка повысить твою оценку, но это еще и отличный способ добиться того, что ты быстро забудешь всё выученное вскоре после того, как экзамен кончится. Гораздо лучше распределить эти сеансы обучения во времени — так, чтобы между ними оставались довольно большие интервалы, — и по завершении этих интервалов отдыха вновь обращаться к тому материалу, который мы хотим запомнить, причем такие

обращения необходимо повторять.

Почему так важно распределение этих повторений во времени? Немецкие психоаналитики Георг Мюллер (когда-то он был студентом Эббингауза) и Альфонс Пильцекер спустя несколько лет предложили ответ на этот вопрос. Воспроизведя результаты эксперимента Эббингауза, они показали, что могут сознательно помешать формированию нового долговременного воспоминания, если между предъявлением испытуемому нового бессмысленного слова и актом запоминания предыдущего слова пройдет слишком мало времени. Психоаналитики высказали гипотезу: быть может, так происходит из-за того, что мозгу требуется время на проведение таинственного алхимического превращения новых мимолетных «следов» в долговременные воспоминания, которые должны храниться постоянно: этот процесс они назвали «консолидацией памяти». Когда экспериментаторы предъявляли испытуемым какое-то бессмысленное слово, а потом слишком быстро предъявляли новое, тем самым они нарушали процесс этой консолидации. Испытуемый только что выучил слово, и мозг пока удерживал эту информацию не очень-то прочно, так что при предъявлении нового слова он тут же «ронял» предыдущее. Воспоминание ускользало еще до того, как сумеет закрепиться. А вот если Мюллер с Пильцекером повторяли первое слово, это усиливало консолидацию и укрепляло память.

Уже в то время другие ученые отметили, что «гипотеза о консолидации» служит возможным объяснением таинственного феномена потери памяти, часто наблюдающегося у перенесших травму головы (позже Талли станет размышлять над этой самой тайной, после того как инцидент с санками, случившийся в тот снежный рождественский день 1968 г., сотрет из его памяти две недели). Эти ученые ставили вопрос так: может быть, удар по голове способен как-то помешать мозгу переплавлять мимолетные впечатления недавнего прошлого в воспоминания, которые могут сохраняться у нас до конца жизни?

Но мир науки почти на полвека забыл эту теорию.

В 30-е годы два итальянца изобрели метод лечения душевнобольных с помощью электрических разрядов, передаваемых по электродам, подсоединенным в голове пациента. Метод назвали электросудорожной терапией (ЭСТ). В полном соответствии со своим названием он вызывал судороги — которые (по причинам, остававшимся неясными) помогали сглаживать симптомы, ассоциируемые с шизофренией, депрессией и другими психическими расстройствами. Наблюдать за применением ЭСТ было тяжело: тело пациента извивалось в

сильнейших конвульсиях. Однако метод, как выяснилось, обладает странным побочным эффектом, который (во всяком случае, в царстве общественного здравоохранения) помог преодолеть все нравственные возражения против его использования: он почти всегда вызывал потерю памяти, особенно в отношении событий, которые произошли сразу до процедуры, во время нее и сразу после нее. А значит, пациенты попросту забывали, как подверглись такому лечению.

К концу 1940-х — началу 1950-х гг. ЭСТ широко применялась по всему земному шару. Специалисты по исследованию памяти поняли, что данный метод является отличным инструментом для проверки гипотезы о консолидации. Одна из групп таких специалистов заставляла подопытных крыс пробежать по лабиринту, а затем подвергала их мозг воздействию электрического разряда. Они обнаружили весьма любопытную вещь: крысы, получавшие разряд спустя несколько секунд после пробега через лабиринт, казалось, утрачивали все воспоминания об этом пробеге, однако если разряд подавали спустя довольно продолжительное время, крысы, по-видимому, сохраняли эти воспоминания. Получалось, что мозгу крысы действительно требуется время на «консолидацию памяти» — на то, чтобы отправить сведения об этом лабиринте на долгосрочное хранение. По прошествии достаточно большого времени оказывалось гораздо труднее избавить крыс от «консолидированного воспоминания» и заставить его исчезнуть.

И тем не менее некоторые важнейшие фрагменты этого научного пазла пока отсутствовали. В конце концов, кто стал бы отрицать, что некоторые моменты мы помним очень ярко и во всех подробностях, хотя само исходное переживание случилось всего однажды? Почему отец так отчетливо помнит рождение своего ребенка? Почему большинство из нас до сих пор точно знает, где мы были, когда 11 сентября 2001 г. рухнули башни-близнецы? Почему в этих случаях никакого повторения не понадобилось?

* * *

Однажды, в конце 50-х, 24-летний аспирант по имени Джеймс Макгоф проводил изыскания в библиотеке Калифорнийского университета в Беркли и вдруг наткнулся на мало кому известную, но весьма впечатляющую статью, вышедшую еще в 1917-м.

Когда авторы статьи вводили подопытным крысам стимулятор (стрихнин) перед тем, как поместить их в лабиринт, это, по-видимому, значительно увеличивало их способность формировать новые воспоминания. Объяснить это авторы не

могли, но они показали: проходя через лабиринт во второй раз, эти крысы меньше утыкались в тупики и быстрее доходили до финиша, чем их собратья, не получившие стимулятор.

Макгоф понимал, что причин здесь может быть множество: допустим, препарат улучшает остроту зрения, увеличивает концентрацию внимания или усиливает мотивацию. (В конце концов, стрихнин — это же не только стимулятор, но и яд.) Однако перед этим Макгоф пристально следил за экспериментами с ЭСТ и за появлением вдохновляющих идей о консолидации памяти. Он задумался: быть может, вещество как раз способствует такой консолидации? Это было смелое предположение, но Макгоф вдруг осознал, что существует способ напрямую проверить, так ли это, и отмести все мешающие факторы. Он решил повторить эксперимент, о котором прочел в статье 1917 г. Но вместо того, чтобы давать крысам стрихнин перед опытом, он решил подождать, пока они не пробегут по лабиринту.

Такой подход был логически оправдан, ведь ученые к тому времени уже показали, что можно воспрепятствовать консолидации, подвергнув мозг крысы воздействию электрического разряда после того, как она преодолеет лабиринт. Однако научный руководитель Макгофа видел ситуацию иначе и высмеял молодого исследователя:

— Вы хотите ввести препарат уже после того, как крыса пройдет лабиринт? — недоверчиво вопрошал мэтр. — После лабиринта процесс обучения закончен. Что за безумная идея! — восклицал он желчно.

Не выдержав насмешек, Макгоф поспешил закончить разговор и уйти. Но ему повезло: как раз в это время его наставник готовился уехать на другой конец света в годичный научный отпуск. Когда недели через две руководитель покинул пределы страны, молодой аспирант все-таки приступил к осуществлению своих планов., Он ввел половине подопытных крыс небольшую дозу стрихнина именно после того, как они преодолели лабиринт. Другой половине он ввел просто соляной раствор.

Рассказывая сегодня о том, что произошло дальше, Макгоф говорит: «У меня всякий раз, когда я об этом думаю, прямо мороз по коже».

Эффект трудно было бы не заметить. Те крысы, которым ввели стрихнин сразу же после того, как они пробежали по лабиринту, при втором пробеге показали гораздо лучшее запоминание его коридоров, чем те крысы, которым ввели просто соляной раствор. Они реже упирались в тупики и нуждались в

меньшем количестве последующих сеансов обучения для того, чтобы запомнить правильный маршрут. Получалось, что введение стимулятора каким-то образом привело к тому, что они запомнили лабиринт лучше.

Исследователь вспоминает, как подумал: «Ну и ну, вы только поглядите — эта чертова штука и правда действует!»

Он добавляет: «Помню, как мне показалось, словно я парю в четырех футах над землей, ведь никто раньше такого не видел».

Сегодня известно, что широкий спектр различных стимуляторов может слегка усиливать консолидацию памяти. Последние 50 лет Макгоф провел за выяснением причин такого воздействия.

Макгоф рассудил, что в организме должно изначально существовать нечто предназначенное для выполнения тех функций, которые выполняют эти стимуляторы: иными словами, что введение крысам этих веществ является, по сути, вторжением в биологический механизм, отлаживавшийся на протяжении тысячелетий благодаря дарвиновскому «выживанию наиболее приспособленных». Но почему шансы существа на выживание (и передачу своих генов потомству) должны повышаться, если оно рождается с мозгом, способным повлиять на прочность воспоминания о событии уже после того, как это событие произошло? Почему бы просто не устроить так, чтобы все воспоминания сразу же, мгновенно становились прочными? Какие преимущества для выживания могла бы дать такая избирательная консолидация памяти, к тому же происходящая постфактум?

Когда Макгоф стал изучать собственные воспоминания, он осознал, что некоторые былые переживания видятся ему особенно четко. Какие-то из них были радостными — например, это его озарение в лаборатории. Другие были печальными — например, его мрачное возвращение на машине из Портленда в Юджин (штат Орегон), после того как он узнал, что Кеннеди убили. Макгоф вдруг понял, что общего между всеми его наиболее яркими воспоминаниями: многие из них имели для него большое эмоциональное значение. Мы запоминаем переживания, которые наделены для нас глубоким смыслом. Это заставило Макгофа и его команду задуматься. Как ученые они знали, что организм способен давать стандартный ответ на переживаемые эмоции: он выделяет гормоны стресса — независимо от того, какая это эмоция, положительная или отрицательная. Может ли оказаться, что именно стрессовые гормоны являются тем модулятором памяти, который он хочет отыскать?

Чтобы выяснить это, группа Макгофа подвергла подопытных крыс воздействию неприятных стимулов, с тем чтобы у грызунов

возникала мотивация избегать их, если они смогут запомнить эти раздражители. В определенном месте тренировочного маршрута экспериментаторы пропускали через лапы крыс слабый электрический разряд. После этого крысам с помощью инъекции вводили адреналин — гормон, который вырабатывается надпочечниками (широкой публике он известен главным образом по всплескам энергии, которые возникают при реакции типа «бей или беги»). Когда они вводили адреналин через два часа после разряда, память подопытных крыс не улучшалась. Но если инъекцию делали сразу после разряда, память грызунов заметно улучшалась. Не было никаких сомнений: адреналин положительно действует на способность крыс хранить воспоминания. Позже Макгоф пойдет по этому следу и покажет, что весьма широкий ряд различных неврологических процессов и гормонов, задействованных в стрессовых механизмах, может способствовать консолидации памяти.

По словам Макгофа, эти гормоны работают «как своего рода регулятор громкости».

«Давно существует представление, что забывать какие-то вещи даже хорошо, — отмечает ученый. — Иначе у нас [в голове] одновременно происходило бы слишком много. К примеру, вам совершенно незачем помнить, что ощущала ваша ступня в какой-то конкретный момент. Но нашим предкам необходимо было знать, где добывать пищу, им необходимо было помнить, в каких местах обитают хищники, чтобы выжить. Им требовался какой-то способ запоминания эмоционально значимых событий».

Уже не первый год находки Макгофа вызывают глубокую заинтересованность целого ряда фармацевтических компаний, пытающихся создать лекарства, которые улучшают память. Пока многие из таких работ идут слишком медленно — из-за нежелательных побочных эффектов, которые обнаруживаются у препаратов. (Отметим хотя бы, что некоторые стимуляторы вызывают привыкание.) Но разработки Макгофа в этой области вдохновили новое поколение ученых на то, чтобы попробовать изучить процессы, связанные с формированием памяти, на более глубоком — молекулярном — уровне. Может быть, это позволит найти способ более прямого контроля «регулятора громкости»?

И тут самое время снова обратиться к Тиму Талли.

* * *

Офис компании Dart NeuroScience, где Талли работает исполнительным вице-президентом по исследованиям и развитию, а также главным менеджером по науке, расположен на вершине впечатляющего горного хребта. Отсюда открывается вид на целые мили бесконечных холмов и на отдаленную полоску

Южнокалифорнийского шоссе далеко внизу. В нескольких милях к западу — золотые тихоокеанские пляжи Сан-Диего.

Я приехал сюда в безоблачный декабрьский день, в один из тех идиллических южнокалифорнийских дней, которые позволяют ненадолго отдохнуть от мерзкого зимнего климата Восточного побережья, где я живу. Перед главным входом в здание полощется на ветерке гигантский флаг компании: на нем изображен голубой полумесяц и скопище мелких точек — молекул. Талли встречает меня в вестибюле. Он одет неформально: на нем черные джинсы и рубашка с закатанными рукавами.

Он показывает мне дзенский садик с журчащим фонтаном — место, где ученый может ненадолго уединиться, чтобы поразмышлять над мучающими его вопросами (если только у него хватит душевных сил отрешиться от нудного жужжания шоссе, проходящего, как уже отмечалось, далеко внизу). Мы заглядываем в тренажерный зал с новехоньким оборудованием, явно только что распакованным.

Затем Талли ведет меня в аудиторию на сто человек, специально построенную по заказу компании: здесь самые современные видеоустройства передают в потоковом режиме лекции для персонала, которые читают лучшие умы расположенных поблизости научных центров — Калифорнийского университета в Сан-Диего и Института Скриппса (две лекции в неделю — по нейронаукам, одна — по когнитивным). Талли гордится результатами этой пока еще сравнительно недавней тотальной реновации, которая обошлась во многие миллионы. Он гордится всем — вплоть до цветов в холлах.

— Нам выпала невероятная возможность, — говорит он. — Вы только оглядитесь вокруг.

Всё это стало реальностью благодаря фантазии и амбициям нелюдимого миллиардера по имени Кен Дарт, который некогда прочел о Талли в журнале Forbes и задумался о возможном появлении в будущем так называемой «виагры для мозга». В то время Талли имел вполне надежную и безмятежную работу: у него была собственная исследовательская группа в Лаборатории Колд-Спринг-Харбор, весьма уважаемом некоммерческом научно-исследовательском учреждении на Лонг-Айленде (штат Нью-Йорк), которым руководил нобелевский лауреат Джеймс Уотсон. Именно здесь Талли пытался прояснить биохимические и генетические основы памяти. Он часто печатался, вовсю участвовал в том расталкивании друг друга локтями, которое именуется борьбой за научный престиж и приоритет, а кроме того, читал лекции на академических конференциях — на темы,

которые большинство простых смертных сочли бы маловразумительными: скажем, о «CREB-связывании» или «паттернах экспрессии генов».

Но «на стороне» Талли основал небольшую компанию вместе с Уотсоном (легендарным ученым, который некогда вместе с Фрэнсисом Криком открыл структуру ДНК, знаменитую двойную спираль). Цель компании Helicon Therapeutics была не менее амбициозной, как и у той фирмы, где теперь работает Талли, но бюджет недотягивал до сколько-нибудь реального воплощения мечты о таблетке памяти, и продвижение вперед шло слишком медленно. Подобно великому множеству фирм, основанных на рубеже тысячелетий, Helicon постоянно увязала в финансовых проблемах и, похоже, всё никак не могла по-настоящему набрать обороты. Но Дарт, унаследовавший империю Styrofoam, был достаточно заинтригован прочитанным в Forbes, чтобы сделать скромное первоначальное вложение в Helicon. А в 2007 г. магнат, не привыкший ходить вокруг да около, обратился к Талли с более смелым предложением. Что, если Дарт откроет новую компанию, будет полностью обеспечивать ее финансирование и поставит руководить ею самого Талли? Казалось, миллиардер предлагает ученому доступ к практически неограниченным ресурсам для реализации заветной цели обоих — создания первой в мире «таблетки памяти». Но богач поставил одно условие: Талли должен трудиться на него в режиме полноценного рабочего дня. Никакого совместительства.

Кен Дарт вообще-то не особенно славится бездумным транжирством. Кое-кто в Сенате США вообще выставляет его эдаким современным Эбенезером Скруджем. Этот выдающийся «капиталист-стервятник», известный своей манерой скупать безнадежные активы и получать на этом немалую прибыль, в последние годы то и дело мелькает в новостях: то он переселяется на Каймановы острова, чтобы не платить налоги; то он отказывается от компромисса с почти обанкротившимися Аргентиной и Грецией, которые должны ему уйму денег (он является держателем их «кредитных инструментов»); то он финансирует исследования в области крионики. Журналисты давали понять, что эту последнюю авантюру он предпринял в надежде стать «формально вечно живым», дабы его потомкам не пришлось в будущем платить налог на наследство.

Талли тоже говорил с ним прямо и откровенно. «Вы должны понять, что это удовольствие будет обходиться вам в сто миллионов долларов ежегодно на протяжении двадцати лет, прежде чем вы начнете получать прибыль», — предупредил он Дарта. Иными словами, речь шла примерно о 2 млрд долларов.

— Я примерно на такую сумму и рассчитывал, — невозмутимо ответствовал магнат.

Так Дарт успешно прошел «шоковый тест» Талли. Ученый согласился на эту работу и приступил к конструированию научно-исследовательского центра своей мечты.

Сейчас Талли стоит у входа в новый гастроном-ресторан-столовую компании: это пространство можно расширять, и тогда здесь усядутся 300 человек. Кажется, я уже видел это помещение в новостях: оно используется далеко не только для трапез. Раз в году здесь проходит организуемый той же компанией Dart NeuroScience «Турнир мастеров памяти» («Extreme Memory Tournament», XMT) — соревнование, привлекающее некоторых наиболее выдающихся ментальных атлетов мира в этот бизнес-парк Сан-Диего, далекий от популярных маршрутов туристов и бизнесменов. Эти атлеты демонстрируют, насколько можно расширить возможности памяти. Призовой фонд соревнования, проводившегося в 2015 г., составил 76 000 долларов. Сюда съехались финалисты из Германии, Скандинавии, Китая, даже из очень многообещающей национальной команды Монголии. Участники продемонстрировали невероятные чудеса памяти. Чтобы победить, следовало, в частности, безошибочно запомнить 80 случайных цифр, 50 слов, расположенных в случайном порядке, 30 изображений и 30 пар «имя-лицо».

В финальных соревнованиях 2015 г., продолжавшихся два дня, первое место занял Иоганнес Маллоу, тщедушный 31-летний немец, запомнивший 80 цифр за 21,01 с. Его соотечественник Симон Райнхард поставил рекорд по части карт, запомнив 52 карты за 23,34 с. Энкджин Тумур, 17-летний участник из Монголии, запомнил порядок следования 30 изображений, поизучав их всего 14,40 с. (Вероятно, примерно такое время понадобилось вам, чтобы прочесть два предыдущих предложения.)

Хотя этот турнир позволил Дарту попасть на первые полосы New York Times, Guardian и, вероятно, всех монгольских газет, XMT — далеко не только средство для продвижения бренда. Каждый год Дарт и группа ученых из Вашингтонского университета проводят подробные беседы с конкурсантами и собирают данные о них, помогающие вести поиск этого неуловимого белого кита науки о памяти — человека с врожденными способностями абсолютного гения-мнемониста, нового Шерешевского, Слепого Тома или Джейка Хауслера. Иными словами, речь идет о тех, кто унаследовал гены блистательной памяти, о тех, кто без всяких препаратов может показывать более впечатляющие результаты, чем подопытные

крысы Джеймса Макгофа, накачанные стрихнином и адреналином.

Этот турнир мнемонистов — лишь часть беспрецедентно масштабной глобальной охоты на генетические варианты, наделяющие своего носителя сверхпамятью. Сегодня Талли более чем когда-либо прежде убежден: разобравшись в особенностях генетики подобных мнемонистов, он может изобрести методы улучшения памяти для всех остальных людей. Ученый полагает: если он сумеет выявить определенные мутации в генах, кодирующих определенные белки, задействованные в механизмах памяти, то сможет воспроизвести эффекты таких мутаций при помощи сравнительно небольших молекул, созданных с использованием его молекулярной библиотеки на 800 000 веществ.

Но еще до того, как Талли дал имя Дарта планируемому «Турниру мастеров памяти», он уже знал, что большинство участников, которые сюда приедут, наверняка будут полагаться на мнемонические методики, которым можно научиться. Среди таких приемов — «метод локусов», придуманный еще в Древней Греции. В его основе — остроумное наблюдение: память можно невероятно улучшить, если размещать те объекты, которые хочешь запомнить, в разных местах некоего воображаемого «дворца памяти». Чтобы использовать этот метод, просто представьте себе знакомое здание или маршрут и расположите в каждой комнате или на каждом повороте дороги образ, который у вас ассоциируется с тем, что вы хотите запомнить

Древние греки и древние римляне знали: в таком привлечении не одного, а многих органов чувств (особенно в использовании зрительных подсказок) кроется нечто такое, что позволяет воспоминаниям надолго западать в сознание. И в самом деле, некоторые специалисты полагали, что феноменальная память советского газетчика Шерешевского, этого знаменитого подопечного Лурии, объяснялась острой синестезией — редким заболеванием, при котором стимуляция одного органа чувств задействует и другие. Так, Шерешевский часто «видел» слова и цифры, слыша их: для него единица соответствовала «гордому крепышу», двойка — «веселой дамочке», а шестерка — «мужчине с распухшей ступней»[30].

Но умения и навыки, необходимые для того, чтобы как следует освоить такие методики, оказывается, вовсе не требуют хорошей «генетики памяти». Талли это отлично знает: его сотрудники три дня подряд подвергали масштабному тестированию восьмерых из участников соревнований. Любопытно, что главная сила этих мнемонистов, похоже,

заключалась в их оперативной памяти и в способности управлять своим вниманием, а не в каком-то безбрежном объеме долгосрочной памяти.

Однако специалисты по вопросам памяти, работающие в компании, надеются отыскать среди участников турнира тех, кто, быть может, и слыхом не слыхивал о методе локусов или о каких-то других мнемонических приемах, используемых большинством их конкурентов. Специалисты ищут тех, кто, быть может, даже и не подозревает о своих феноменальных талантах.

«Участники турнира используют тот или иной весьма специфический метод — и они знают, что они его используют, то есть это не подсознательный процесс, — объясняет Мэри Пик, психолог-когнитивист из Dart: она помогает в координации состязаний и в тестировании состязающихся. — Но мы считаем, что среди обычных людей есть и такие, у кого имеются врожденные исключительные способности по части памяти. Может быть, кто-то из них решит поучаствовать в турнире».

«Сами выступления таких людей с врожденным мнемоническим талантом с виду не будут отличаться от выступлений тех, кто специально тренировался, — отмечает исследовательница. — Но они могут говорить что-нибудь такое:‚Не знаю, как это происходит. Информация просто застревает у меня в голове“. Может быть, им никакие тренировки вообще не нужны. Тогда мы сделаем вывод, что здесь, вероятно, играет роль именно генетика».

Хотя многие из протестированных полагались на древние трюки своего ремесла и, судя по всему, не обладали врожденной сверхпамятью, которую пытается отыскать команда, Пик утверждает, что все-таки выявила двух перспективных мнемонистов, которых она рассчитывает подвергнуть дальнейшим проверкам.

Отметим, что ХМТ — лишь часть широкомасштабного проекта по прочесыванию земного шара в поисках обладателей исключительной памяти и изучению их генов. Вдобавок к рекордсменам-мнемонистам Талли и его коллеги начали тестировать асов телеигры «Jeopardy!» [«Рискуй!»] и размышляют над тем, не подвергнуть ли таким проверкам выдающихся кроссвордистов и шахматных чемпионов.

Предварительные результаты обследования мастеров телевизионной игры оказались более многообещающими, чем у участников ХМТ, поскольку телеигроки, судя по всему, впитывают огромные массивы информации, а позже могут легко извлечь эти сведения из долгосрочной памяти, как отмечает Пик.

Талли попросил помощи у научных кругов в осуществлении

этой первой стадии своего проекта — глобального поиска мнемонистов. (Компания пока еще не начала выявлять гены, отвечающие за необычно эффективное запоминание, но готовится вскоре приступить к этой работе.) Уже несколько лет Dart ежегодно выделяет около 250 000 долларов Генри («Родди») Рёдигеру III, очень приветливому психологу из Вашингтонского университета, который всю свою профессиональную жизнь занимается исследованием тех путей, какими человеческие существа дотягиваются до собственных воспоминаний и извлекают их на поверхность, и который неизменно посещает все состязания ХМТ. Помимо всего прочего, Рёдигер разрабатывает стандартные тесты, с помощью которых можно выявлять сверхпамять у людей, специализирующихся в различных областях. Каждый из участников ХМТ, чемпионов телеигры «Рискуй!» и самых обычных людей, обладающих особой памятью, может иметь свою «область интересов» — лучше всего запоминать информацию определенного рода. Тесты нужно составлять так, чтобы они выявляли и количественно оценивали только те способности, которые Талли рассчитывает научиться усиливать.

Лаборатория Рёдигера, а также Талли и Пик (когда-то Пик была одним из рёдигеровских постдоков) используют широкий спектр методов для поиска обладателей выдающейся памяти среди обычных людей. Одним из первых шагов на этом пути стало создание добровольного теста, выкладывание его в Сеть (через Вашингтонский университет) и продвижение его в соцсетях: «Хорошо запоминаете имена и лица? Проверьте свою память на пары лицо-имя». Примечательно, что уже более 60 000 добровольцев кликнули по этой ссылке. Рёдигер и его команда выделили среди них 35 человек, которые получили наибольшее количество баллов, а значит (если только они не жульничали), обладают особыми способностями по части запоминания. Но это лишь начало.

«Наша цель — охватить пять миллионов человек, — заявляет Талли, — потому что нам необходимо найти хотя бы сотню подходящих людей, чтобы получить достаточно представительную выборку, которая позволит с высокой статистической надежностью выявлять в их геноме именно те гены, которые коррелируют с этой способностью к необычайно эффективному запоминанию».

Мы поднимаемся на два этажа. Талли ведет меня по длинному боковому коридору, останавливается перед ничем не примечательной дверью, на которую легко не обратить внимания, и приглашает меня в небольшую затемненную комнату. По его словам, это здешний «мушиный центр».

Тематический и географический охват компании очень велик. Недавно она открыла второй научно-исследовательский центр — в западном Китае, «в сущем захолустье» (чтобы до него добраться, нужно три с половиной часа лететь из Шанхая на запад). Dart NeuroScience участвует в финансировании исследований, проводящихся в Нью-Йоркском университете, Эдинбургском университете, Университете Альберты, тайваньском Национальном университете Цинхуа и многих других научных учреждениях.

«Американские Национальные институты здравоохранения дают средства лишь тем, кто изучает заболевания, — отмечает Талли, — поэтому пока никто еще толком не изучал выдающиеся запоминательные способности. Очень круто, когда видишь, как серьезное академическое сообщество совершенно зачаровано всеми этими штуками».

Но, как ни удивительно, вполне может статься, что самое мощное оружие компании таится в этом скромном уголке калифорнийского здания и в скромных маленьких существах, которые здесь обитают. Эти существа — плодовые мушки дрозофилы. Во время нашей экскурсии Талли несколько раз поражался своему везению, озирая этот научный центр-мечту, и произносил одну и ту же фразу, которую он повторяет и теперь, оказавшись в этом коридоре, — со смесью гордости и чего-то вроде недоверия:

— Слушайте, я же на самом деле просто спец по мухам, не более того!

Но ничто из того, что я вижу вокруг, не появилось бы без участия этих насекомых. Изучение фруктовых мушек кажется довольно-таки окольным путем к раскрытию тайн человеческой памяти и к поиску наиболее выдающихся мнемонистов по всему земному шару. Может показаться, что дрозофилы никак не связаны со свершениями ментальных атлетов, древнегреческими философами и слепым необразованным гением из XIX в., игравшим на рояле в Белом доме.

Однако в середине 1990-х гг. Талли, используя инструменты современной [по меркам тех лет] генетики, совершил подвиг, который многим из его коллег показался таким же воодушевляющим, как и самые выдающиеся достижения вышеперечисленных личностей. Талли показал, что способен наделять дрозофил способностью формировать функциональный эквивалент фотографической [эйдетической] памяти.

Чтобы понять, как ему это удалось, какое отношение это может иметь к его нынешним исследованиям и почему практичный бизнесмен готов выделить на эти работы до 2 млрд

долларов, нужно сначала сделать некоторое отступление и спуститься в ту таинственную кроличью нору, где таятся наши знания и предположения о том, как именно образуются новые воспоминания и ассоциации на самом базовом уровне мозга — молекулярном.

* * *

Много столетий философы и ученые-теоретики размышляли над ассоциативной природой наших сознательных долговременных воспоминаний, касающихся конкретных эпизодов нашего прошлого [так называемой «эпизодической памяти» или «эпизодной памяти»]. Почему какая-то идея или какое-то ощущение может навести нас на другую идею или другое ощущение, хотя связь первого и второго сводится лишь к тому, что они когда-то совпали во времени? Скажем, почему запах трубки, которую кто-нибудь раскурил, напоминает мне моего дедушку Мэнни? Почему я тут же вижу его своим мысленным взором — как он стоит в своем галстуке-бабочке в ярко освещенной комнате своего нью-йоркского дома перед старинным шкафчиком вишневого дерева, который он использовал в качестве домашнего бара, и наливает себе шотландский виски?

Парадокс: наши сознательные воспоминания легче всего субъективно воспринимать и описывать, но при этом они принадлежат к самым сложным и запутанным объектам биологического анализа. Когда нам является какое-то воспоминание, мы часто в каком-то смысле вновь переживаем не только все соответствующие зрительные впечатления и все запахи, но и звуки, осязательные ощущения, идеи, которые все когда-то сошлись воедино, чтобы создать определенное переживание, относящееся к определенному моменту. Это настоящее биологическое чудо. Все эти разнородные ощущения: запах табачного дыма, очертания шкафчика, белый лохматый ковер, то, как душно всегда было в этой квартире, и чувство детского обожания и преклонения, которое я испытывал в дедушкином присутствии, — всё это хранится в разных частях моего мозга. Однако благодаря сложнейшему процессу вспоминания я совершенно непонятным образом за какую-то миллисекунду могу вновь активировать нейроны в тех областях, которые собрали первоначальные сенсорные впечатления, и заставить их снова дать импульсы вместе — подобно тому, как они дали их много лет назад, когда сложилось то общее впечатление, которое и станет этим воспоминанием.

Изучение мозга страдающих амнезией (таких людей, как Генри Молисон) показало, что определенные структуры в височной доле, гиппокампе и миндалине позволяют хранить все

эти разнородные ощущения совместно. Возможно, вы припомните (благодаря своему гиппокампу), что после того, как Г. М. лишился этих структур[31], он по-прежнему мог не надолго удерживать информацию в сознании, он сохранил воспоминания о том, что происходило до операции, но казалось, что куда-то ушел клерк, отвечающий за кодирование новой информации и размещение ее в отделе долговременного хранения. Как только новый информационный фрагмент исчезал из «поля зрения» Молисона, из его сознания, этот фрагмент пропадал для него навсегда. Г. М. утратил способность сохранять новую информацию, а значит, и извлекать ее из памяти. Мы до сих пор точно не знаем, чем именно занимаются эти структуры. Похоже, они каким-то неведомым нам образом связывают воедино нейроны, находящиеся в самых разных участках мозга, и фиксируют картину подачи импульсов, которыми эти нейроны откликались на целый набор различных входящих сигналов, — так, чтобы в дальнейшем мы могли обратиться к этому зафиксированному паттерну, снова добиться одновременной активации всех этих нейронов и заново пережить прошедший момент.

С первых дней существования современной нейрофизиологии ученые предполагали, что эти эксплицитные [явные] ассоциации — точно так же как и эксплицитные воспоминания, — как-то зашифрованы в связях между 100 млрд отдельных нейронов, из которых состоит наш мозг. Когда позже Хебб предположил, что нейроны, дающие импульс одновременно или почти одновременно, соединяются друг с другом, в качестве основного практического примера он опирался именно на эксплицитные воспоминания. Хебб заявил, что мозг — это, по сути, мощный детектор совпадений, а физические, материальные закономерности, управляющие формированием и укреплением связей между нейронами, призваны отражать и записывать эти совпадения.

Такая гипотеза явно не лишена смысла, если задуматься о сознательной памяти. Разнородные ощущения, связанные лишь близостью друг к другу во времени, имеют тенденцию всплывать на поверхность нашего сознания вместе. Так, запах трубочного дыма напоминает мне о Мэнни благодаря тому, что нейроны в сенсорных областях моего мозга, дающие импульсы, когда мой мозг обрабатывает этот конкретный запах, каким-то образом *физически* соединены с нейронами, кодирующими воспоминания о моем дедушке, хранящимися где-то в глубинах моей памяти[32].

Как же еще сигналы, возникающие в обонятельных зонах мозга (и порождаемые реальным запахом трубочного дыма,

вдыхаемым мною через нос), могут достигать тех областей мозга, где хранятся зрительные воспоминания о дедушкином темно-бордовом галстуке-бабочке и о спертости воздуха в его комнате? Нейроны, работающие с этим запахом трубки, лишь путем передачи сигналов через синапсы могли бы подать знак нейронам, работающим с этим образом галстука-бабочки (и расположенным совсем в другом участке мозга), чтобы те тоже дали импульс. Ведь так?

Вовсе не случайно, что эксперимент, предоставивший, по мнению многих специалистов, первые конкретные биологические подтверждения хеббовских теорий, касался нейронов, находящихся в тех зонах мозга, которые, как полагали, выполняют для нашей памяти роль того самого «клерка-архивиста». В своем эксперименте 1973 г., оказавшем огромное влияние на развитие науки, Терье Лёмо и Тим Блисс впервые продемонстрировали хеббовские явления в центрах памяти у подопытных кроликов. Экспериментаторы назвали эти явления долговременной потенциацией (ДВП). Воздействуя серией электрических стимулов на нейроны, ведущие к гиппокампу кролика (той самой структуре, которая разрушена в мозгу страдающих амнезией — таких как Г. М.), Лёмо и Блисс показали, что могут таким путем значительно и надолго укреплять межнейронные связи. Это укрепление проявлялось в повышении чувствительности к стимулам, проходящим между двумя связанными нейронами. Повышенная чувствительность отмечалась на протяжении периода от нескольких часов до суток с лишним.

Хотя никто пока не сумел со всей определенностью доказать, что именно явление долговременной потенциации лежит в основе того вида памяти, который позволяет нам заново переживать эпизоды из прошлого [«эпизодной памяти»] (во всяком случае, доказательств пока не хватает, чтобы полностью исключить другие факторы), большинство специалистов все-таки сходятся во мнении, что мы, скорее всего, формируем воспоминания именно так. Как мы уже знаем, ДВП, или «хеббовское обучение», затрагивает все части мозга, однако нейроны гиппокампа — среди тех нервных клеток, которые наиболее чувствительны к этому явлению. (То же самое верно и для обратного явления — «долговременного угнетения»: воспоминания могут и блекнуть.)

Однако лишь в последние два десятка лет нейрофизиологи начали детально анализировать те процессы, которые действительно лежат в основе укрепления связи между двумя нейронами на самом фундаментальном уровне — на уровне молекул. Лишь представив мозг как сумму его мельчайших

компонентов[33] и разобравшись, что же творится на молекулярном уровне, когда происходит укрепление синаптических связей, которое на самом деле и служит глубинной основой памяти, мы получим более или менее реальный шанс попытаться сделать то, чего намерен добиться Тим Талли: расшифровать мозговые коды и создать «таблетку памяти».

Но уже к 2002 г. многим показалось, что Талли и некоторые его коллеги так близко подошли к достижению этой цели, что Forbes даже отправил журналиста по имени Роберт Лангрет собрать материал об этих работах для главной статьи номера, которая и привлекла внимание человека, позже оказавшего такую мощную финансовую поддержку начинаниям Талли, — Кеннета Дарта. Миллиардер сторонится репортеров и, по слухам, является безжалостной акулой капитала, но в каком-то смысле он не очень отличается от многих других персонажей нашей книги: он тоже имеет инженерное образование. В Мичиганском университете он получил диплом инженера-машиностроителя и научился рассматривать машины как сумму разнородных частей. Легко увидеть, почему проект Талли мог произвести впечатление на инженера.

Безусловно, то, как Лангрет живописал эти попытки путем обратной инженерии докопаться до молекулярных основ человеческой памяти и научиться модифицировать ее, отсылало к классическим инженерным гонкам былых времен: скажем, к соперничеству двух сверхдержав, каждая из которых хотела первой достичь Луны, или к стремлению отгрохать самое высокое здание в мире, построить первую трансконтинентальную железную дорогу и т. п. Биотехнологические компании, заявлял журналист, «подошли на соблазнительно близкое расстояние к раскрытию тайн памяти», и идет «напряженная научная гонка», каждый из участников которой желает «создать первый в истории эффективный препарат, улучшающий память».

И в самом деле: когда Лангрет готовил свою статью, к этой гонке подключился целый ряд серьезных игроков, в том числе Merck, Johnson & Johnson и GlaxoSmithKline[34]. Но журналист подавал дело так, словно главная битва идет между фирмой Helicon, созданной Талли вместе с Уотсоном, и другой небольшой компанией — Memory Pharmaceuticals. Эту компанию возглавлял человек, которого Лангрет именовал «основным соперником Талли», человек, чьи работы во многих смыслах создали предпосылки для разворачивающейся гонки: Эрик Кандел, «старейшина отрасли», нейробиолог из Колумбийского университета, за свои предшествующие исследования памяти

получивший в 2000 г. Нобелевскую премию.

Разумеется, повседневные подробности этой «научной гонки» и те события, которые сделали ее возможной, казались не очень-то «эпохальными». Талли двигался к финишной прямой верхом на мухе дрозофиле, а Кандел провел много лет за изучением столь же скучного для обывателя создания — рода довольно примитивных морских улиток под названием Aplysia [аплизия, морской заяц], очень любимого учеными благодаря колоссальному размеру мозговых клеток у этих существ.

Однако на страницах Forbes Лангрет, этот кудесник слова, ухитрился искусно превратить череду нудных, сухих, кропотливых лабораторных экспериментов в нечто очень притягательное и даже сексуальное. Как писал журналист, в чашках Петри у Кандела нейроны аплизии участвуют в «изощренном электрохимическом брачном танце, который укрепляет связи между ними».

«Кратковременное воспоминание — что-то вроде мимолетной интрижки: его скрепляют быстро проходящие, но мощные всплески уровня химических веществ, соединяющих части клетки вместе, — писал Лангрет об открытии Кандела. — Этот эффект затухает через несколько часов или даже всего через несколько минут. Долговременные воспоминания подобны браку. Появляющиеся в мозгу белки, которые укрепляют синапсы, соединяющие клетки, выстраивают эти воспоминания на долгие годы».

Чтобы организовать и охарактеризовать эти партнерские взаимоотношения, легкомысленные и мимолетные или крепкие и долгие, Кандел разработал весьма действенный экспериментальный подход. Он создавал несложные цепочки нейронов аплизии в чашках Петри и изучал, как в этих [двухнейронных] цепочках формируются простые воспоминания. Для этого он измерял параметры одного из основных рефлексов моллюска — втягивание жабры в тот момент, когда животное чувствует угрозу. Одним из нейронов, входивших в цепочку, был сенсорный (он получал удар током), другим — моторный (он необходим для того, чтобы отдергивать жабру). Канделу хотелось узнать, какие именно молекулярные изменения происходят всякий раз, когда он подвергает электрическому разряду сенсорный нейрон, и почему эти изменения повышают вероятность реагирования моторного нейрона на такое воздействие.

Для того чтобы это выяснить, Кандел и его команда методично подвергали воздействию электрических разрядов свои ансамбли нейронов, записывали, как изменяются с каждым

разрядом электрические потенциалы нейронов, и выстраивали карту изменений клеточной архитектуры того синапса, который, по-видимому, делал возможным повышение электрического потенциала. Кандел подробнее описывает свои находки в книге «В поисках памяти?». Его группа продемонстрировала: воздействие единичного разряда на сенсорный нейрон, являющийся частью нейронного ансамбля, увеличивает содержание в синапсе двух особых химических веществ — циклического аденозинмонофосфата (АМФ) и протеинкиназы А. Это, в свою очередь, временно повышает чувствительность соседней нервной клетки к сигналам ее соседки. Собственно это и есть «мимолетная интрижка», о которой писал Лангрет.

А вот долговременные воспоминания, эти нейронные браки, как выяснилось, требуют реальной физической перестройки синапса, что навсегда [или, по крайней мере, очень надолго] увеличивает количество нейротрансмиттеров, выделяемых в пространство между этими двумя клетками всякий раз, когда сенсорный нейрон дает импульс. Эти изменения «структурны» по своей природе: чтобы синапс мог справляться с усилившимся сигналом, требуется добавить какой-то компонент постоянной инфраструктуры — в виде новых белков.

Канделовскому нейронному ансамблю требовалось целых пять внешних электрических разрядов, чтобы мог возникнуть подобного рода священный союз. Ученый показал: после пяти разрядов одно из двух веществ, выделяемых в районе синапса, направляется в клеточный «центр управления», т. е. в ядро одного из нейронов. Там само присутствие этого вещества оказывает словно бы некое магическое действие — «включает» некий ключевой ген, что приводит к целому каскаду химических реакций. Это как звук гудка, означающий, что обеденный перерыв на стройплощадке закончился: активация данного гена заставляет целую армию клеточных строителей и инженеров убрать свои коробки с едой, отправиться к синапсу и заняться созданием новых связей между двумя нейронами. На это требуется время.

Возможно (позже предположил Кандел в своей книге), электросудорожная терапия или сильный удар по голове нарушает консолидацию долговременной памяти из-за того, что подобное воздействие каким-то образом изгоняет с синаптической стройки всех этих клеточных мастеров еще до того, как они сумеют завершить свою работу.

Именно важнейшее открытие, сделанное Канделом в 1990 г., привело к старту гонки, целью которой было создание «лекарства для памяти». В ходе своих исследований Кандел заподозрил, что «включением» нужных генов, а стало быть, и этого «гудка»,

означающего конец обеденного перерыва, занимается, в частности, белок под названием CREB (cyclic AMP response element-binding protein, связывающий белок отклика на циклический АМФ). Когда в 1990 г. группа Кандела поняла, как блокировать CREB аплизии, она без особого удивления обнаружила, что при таком блокировании моллюск, судя по всему, утрачивает способность формировать новые долговременные воспоминания после того, как подвергнется пяти разрядам.

Было очевидно, что это открытие напрямую связано с возможностями создания «таблетки памяти». Нельзя ли искусственным путем помочь белку CREB выполнять свою работу? Позже Кандел предположил, что есть две разновидности молекул, особенно значимых для действия CREB: одно вещество «включает» ген, отвечающий за создание долговременной связи, или повышает его активность (это так называемый CREB-активатор), а другое уменьшает активность этого гена или вообще «отключает» его (это так называемый CREB-репрессор). Кандел заключил: возможно, соотношение между содержанием активатора и репрессора в ядре нервной клетки как раз и определяет силу долговременной памяти.

В своей книге ученый высказал такую гипотезу: в напряженном эмоциональном состоянии (скажем, когда человек попадает в автомобильную аварию или включает телевизор и узнаёт, что два самолета врезались в здания Всемирного торгового центра) те стрессовые гормоны, которые выявил Макгоф, могли бы запускать целый каскад химических процессов, которые заполняют ядро клетки молекулами, уменьшающими количество CREB-репрессора (тормоза памяти) и увеличивающими количество CREB-активатора (регулятора, включающего память или усиливающего ее).

«Возможно, это объяснило бы появление так называемых воспоминаний-вспышек, — пишет Кандел. — Речь идет об эмоционально насыщенных событиях, которые мы помним в ярчайших подробностях… как будто эта картина мгновенно и целиком запечатлелась в нашем мозгу».

Точно так же, рассуждает Кандел, исключительная память, демонстрируемая такими людьми, как Соломон Шерешевский, «могла бы объясняться генетическими особенностями, подавляющими активность CREB-репрессора». Ученый пишет: «Хотя для формирования долговременного воспоминания обычно требуются повторяющиеся сеансы обучения, разделенные интервалами отдыха, иногда такое формирование происходит после однократного предъявления, которое не несет в себе

эмоционального заряда».

Это очень вдохновляющая и даже в чем-то провокационная гипотеза. Ведь если секрет нашей памяти действительно заключается в соотношении концентраций CREB-активатора и CREB-репрессора, нам ничто не мешает создать препараты, которые будут влиять на это соотношение. Ничто не мешает решить, что мы все можем уподобиться Шерешевскому. Ничто не мешает поверить, что мы сможем изобрести «таблетку памяти».

И тут самое время вернуться к дрозофилам Талли.

* * *

В своей лаборатории в Колд-Спринг-Харбор Талли разработал метод тестирования памяти для своих дрозофил — столь же несложный и действенный, как нервные цепочки, которые составлял Кандел из нейронов аплизий. Талли подвергал подопытных насекомых воздействию двух запахов. При этом один запах всегда сопровождался неприятными ощущениями: когда муха начинала его чувствовать, Талли вскоре после этого подвергал бедняжку удару током (стандартная тренировка включала в себя 12 таких разрядов). Параллельно Талли учил своих подопечных, что второй аромат для них не опасен: после того, как он давал насекомым его понюхать, он не ударял их током. 12 раз подвергнув дрозофилу воздействию каждого запаха (то ударяя, то не ударяя их током — в зависимости от применяемого аромата), Талли помещал насекомое на дно Т-образного лабиринта. В дальних концах перекладины этой буквы Т находились источники двух запахов. Добравшись до развилки, насекомое должно было решить, куда ему двигаться.

Судя по всему, дрозофилам Талли потребовалось целых десять тренировок (по 12 разрядов в каждой), чтобы научиться избегать запаха, который сопряжен с электрическим разрядом, и направляться к нейтральному запаху — в другом конце верхней перекладины Т-образной конструкции. Но и в таких обстоятельствах их память оставалась далекой от совершенства: насекомые все-таки иногда летели не в ту сторону и получали удар током. Просто по прошествии десяти сеансов они, похоже, достигали предела своих возможностей по этой части.

После того как Кандел показал, что формированию долговременных воспоминаний можно воспрепятствовать, блокируя белок CREB, началось соревнование, каждый из участников которого стремился первым сделать решающий шаг — продемонстрировать возможность улучшения памяти посредством какого-то улучшения действия CREB. К 1993 г. лаборатория Кандела активно пыталась проделать этот трюк с его аплизиями. Но у Талли имелось секретное оружие, которое

позволяло ему быстро продвигать работу с дрозофилами. Этим оружием стал Джерри Ин, постдок из лаборатории Талли, сумевший разработать метод генетической модификации дрозофил. Этот метод позволял выводить насекомых, вырабатывающих больше или меньше CREB — как пожелает исследователь. Так, Ин сумел встроить в геном дрозофил ДНК-материал, позволяющий мушке вырабатывать больше белка, который «включает» или усиливает память (CREB-активатора), этого гудка, который сообщает клеточным специалистам, что обеденный перерыв закончился и пора взяться за работу. Другим дрозофилам Ин встроил ДНК-материал, позволявший им вырабатывать больше белка, который «выключает» или ослабляет память (CREB-репрессора), т. е. отправляет всех соответствующих клеточных работников на обед.

Эти штаммы дрозофил обладали еще одним свойством: Ин и Талли генетически модифицировали мушек так, чтобы экспериментаторы могли по желанию включать и выключать их гены, отвечающие за работу с CREB. Когда гены находились в спящем состоянии, насекомые вырабатывали два белка в нормальном соотношении, а значит, их память тоже находилась на обычном уровне. Но когда Ин и Талли подвергали мух воздействию сравнительно высокой температуры, нужные гены включались, заставляя один штамм мух синтезировать больше CREB-активатора, а другой штамм — выделять больше CREB-репрессора. Это позволяло исследователям включать два гена всего за несколько часов до начала тренировок и затем наблюдать, как это влияет на способность подопытных существ формировать новые воспоминания.

В 1993 г. команда показала: способствуя повышенной экспрессии [в данном случае — необычно активному синтезу] CREB-репрессора, можно помешать синтезу белков, необходимых для формирования долговременных воспоминаний. Однако при этом не затрагивалась ни краткосрочная память, ни способность к обучению. Вскоре их коллега Альчино Сильва продемонстрировал тот же эффект на мышах, лишенных гена, который отвечает за активацию CREB.

Затем Талли и Ин попытались сделать противоположное и улучшить память. Таким образом, они вплотную подошли к тому, чтобы урвать главный приз.

Как ни удивительно, первые результаты их разочаровали: даже когда экспериментаторы манипулировали CREB в нужную сторону, дрозофилья память отказывалась улучшаться. Некоторое время спустя Талли мрачно сидел в нью-йоркском аэропорту Джона Кеннеди, ожидая вылета в Токио, качал головой и

размышлял, что же они делают не так. И вдруг его осенило. Он выскочил из кресла и кинулся к телефону-автомату.

Талли и Ин довольно четко объясняли лаборантке Марии: берешь необученных дрозофил, обычных и мутантных, и затем каждые пятнадцать минут тренируешь их, овевая их то одним, то другим запахом, то давая, то не давая разряд, и так десять раз. Но после десяти тренировок мутантные мухи летели не в ту сторону Т-образной конструкции столько же раз, сколько и обычные.

Позвонив Марии из аэропорта, Талли выпалил ей осенившую его мысль. Может быть, Талли и Ин просто задавали не тот вопрос? Может быть, у генетически модифицированных дрозофил имелся тот же потолок достижений в этом лабиринте, что и у обычных мух? (Иными словами, для тех и других существовала одна и та же минимальная доля случаев, когда они летели не в том направлении.) А если поставить вопрос иначе? Если поинтересоваться не тем, сколько раз мутантные мухи решат полететь в правильную сторону после стандартных десяти тренировок, а тем, насколько быстро они способны этому научиться?

— Мария, попробуй провести один тренировочный цикл! — крикнул Талли в трубку. И объяснил, что лаборантке нужно всего один раз совместить запах и электрический разряд, а затем посмотреть, будут ли мутантные мухи совершать меньше ошибок, чем обычные.

Она последовала его указаниям. Результаты оказались совершенно недвусмысленными. Воспоминания запечатлевались мгновенно. Мухи с биохимическим регулятором памяти, выведенным на полную, могли научиться избегать запаха с первого предъявления, тогда как обычным мухам для этого требовалось десять предъявлений. У генетически модифицированных мух имелась своего рода фотографическая память. Талли и Ин показали: память действительно можно подвергнуть «хакерской атаке», повлияв на белок CREB.

* * *

В числе первых, кому Талли сообщил о результатах своих экспериментов, был нобелевский лауреат Джеймс Уотсон, почтенный старейшина Лаборатории Колд-Спрингс-Харбор. Талли гордо вошел к нему в кабинет воскресным вечером, чтобы поделиться этой новостью.

«Он так и вскочил с кресла, схватился руками за голову и чуть ли не подпрыгнул, — вспоминает Талли. — И закричал: скоро мы разбогатеем!»[35]

Впрочем, еще предстояло доказать, играет ли белок CREB какую-то роль в функционировании человеческой памяти. Через

несколько недель Талли наткнулся на статью в научном журнале Nature, заставившую его снова кинуться в кабинет к Уотсону. Между прочим, снова был воскресный вечер.

В статье голландские ученые сообщали, что выявили генетический дефект, связанный у человека с разрушительным заболеванием мозга под названием «синдром Рубинштейна-Тайби» (СРТ). Как выяснилось, мутация затрагивает ген, взаимодействующий с геном, отвечающим за синтез белка CREB в процессе формирования воспоминаний. Могло ли оказаться так, что эта мутация, которую голландцы открыли у людей с СРТ, как раз препятствует формированию воспоминаний, т. е. оказывает на организм человека действие, прямо противоположное тому, которое оказывали на организм дрозофил Талли и Ин в ходе своего недавнего эксперимента?

— Джим! Может, у этих пациентов нарушается умственное развитие как раз из-за того, что у них сломан регулятор долговременной памяти! — практически прокричал Талли, обращаясь к Уотсону.

Оба быстро пришли к выводу: есть только один способ это проверить. Нужно начать тестирование препаратов, сделанных на основе малых молекул. Если они смогут найти вещество, способное проникать в мозг и управлять регулятором активности CREB, то смогут доказать, что этот белок. задействован в механизмах памяти, а заодно покажут, как лечить СРТ. Именно для этого они при поддержке мелких частных акционеров вдвоем основали небольшую компанию Helicon Therapeutics, которая в какой-то момент разрослась до таких циклопических размеров, что в ней трудились целых 70 сотрудников. У компании, разумеется, имелись конкуренты: в то время куча других известных ученых полагала, что эпоха «таблетки памяти» вот-вот настанет. Среди этих ученых был и Кандел.

Более того, к 2002 г. сотрудники как минимум трех из этих компаний получили Нобелевскую премию. Все эти лауреаты смело предсказывали, что появление одобренного FDA «лекарства для памяти» ждет нас очень скоро. Несмотря на всю шумиху, поднятую вокруг этих исследований, несмотря на вышедший тогда же номер Forbes, главной темой которого они стали (мы уже упоминали об этой статье), все такие прогнозы оказались чересчур оптимистичными.

Большинство этих компаний в конце концов ушли из данной области — или, как фирма Кандела, втихомолку продали себя более крупным фармацевтическим корпорациям, которые позже уменьшили масштабы этих исследований или совсем их забросили. Ряд ученых предположил, что у человека механизмы

памяти могут оказаться значительно сложнее и запутаннее, чем у моллюсков Кандела. Более того: препараты, нацеленные на нервные пути, выбранные Канделом, могли бы оказывать незапланированное и губительное воздействие на другие участки мозга. Но главным препятствием, вероятно, остается нехватка ресурсов и терпения.

«Почти каждый разрабатываемый препарат оказывается никуда не годным, — отмечает журналист Сью Хальперн в своей книге «Не могу припомнить, что я забыла» (2008), где приводится хроника затухания этих усилий. — Из каждых пяти тысяч соединений лишь пять успешно преодолевают решето предклинических испытаний (которые стоят в общей сложности 500 млн долларов), чтобы затем их можно было опробовать на человеке. А из этих пяти обычно лишь одно получает одобрение FDA».

Талли с готовностью признаёт, что его частные проекты, скорее всего, тоже вряд ли бы протянули долго, если бы не Дарт (который, между прочим, в 2012 г. даже привлек к программе других инвесторов Helicon и объединил эту компанию с Dart NeuroScience). Но Талли настаивает, что его оптимизм ничуть не угас.

Пока у Талли и его команды есть шесть препаратов, находящихся на стадии клинических испытаний. Проверку двух из них остановили из-за проблем с токсичностью, но исследования остальных четырех пока продолжаются. Талли не раскрывает секрет, какого рода соединения он разработал.

Талли замечает: «Сами понимаете, я не могу сообщить вам все подробности того, на какие биологические мишени мы нацелились. Но в центре нашего внимания по-прежнему находится нервный путь, связанный с белком CREB, и роль этого вещества в формировании долговременной памяти».

У Талли амбициозные планы: он намерен каждый год доводить по два новых вещества до клинических испытаний, посвященных исключительно улучшению памяти.

* * *

В 2000 г. Джеймс Макгоф получил странное электронное письмо от 34-летней женщины, которая заявляла, что у нее «проблемы с памятью». Эти проблемы заключались не в том, что она слишком многое забывала. Женщина утверждала, что может вспомнить каждый день своей жизни начиная с одиннадцатилетнего возраста.

«Как только я вижу по телевизору какую-то дату… я автоматически возвращаюсь в тот день и точно помню, где я тогда была и что делала, — написала эта обладательница

уникальной памяти по имени Джилл Прайс. — Это происходит постоянно, я не могу это контролировать, и это очень изматывает».

Макгоф согласился встретиться с Прайс в одну из суббот. Он тщательно подготовился к этой встрече, заранее выписав ряд значительных событий, случившихся в определенные дни 70-х годов (служивших, по ее словам, границей для этих воспоминаний) и позже. Ученый намеревался проверить, помнит ли женщина то, что случилось в эти дни, — и сможет ли она точно назвать даты важных исторических событий этого периода.

Когда женщина приехала на беседу, Макгоф с изумлением выяснил, что Прайс может назвать дату смерти Элвиса Пресли. Более того, она смогла сказать исследователю, когда впервые показали по телевизору тот эпизод сериала «Даллас», где убили Кеннеди, и когда таксиста Родни Кинга избили полицейские Лос-Анджелеса[36]. Прайс даже обнаружила ошибку в справочнике, по которому Макгоф готовил свой тест: иранские студенты штурмовали американское посольство в Тегеране 4 ноября 1979 г., а не 5 ноября, как было указано в книжке. Макгоф уточнил дату в Сети. Прайс оказалась права.

Проводя дальнейшие изыскания, Макгоф понял: стимулы, при помощи которых Прайс извлекала эти воспоминания, всегда были автобиографическими по своей природе. Так, она знала, что Бинг Кросби умер в Испании на поле для гольфа 14 октября 1977 г. (в пятницу), потому что она помнила, как услышала эту новость по радио, пока ехала в машине своей матери на футбол.

В последующие месяцы, пытаясь выявить пределы памяти Прайс, ученый понял, что в некоторых областях память у нее не лучше, чем у всех нас. Чтобы стать особенно сильными, воспоминаниям Прайс требовалось иметь привязку к какому-то событию в частной жизни женщины. В конце концов Макгоф назвал особенность Прайс чрезвычайно обостренной автобиографической памятью (ЧОАБП).

После публикации своей первой статьи о случае Прайс ученый и его коллеги обнаружили еще около 55 людей с такой же особенностью. Как ни странно, наделенные ЧОАБП демонстрируют в других сферах своей жизни многие симптомы обсессивно-компульсивного расстройства (ОКР), поэтому некоторые специалисты предполагают, что эти люди, быть может, подсознательно заучивают соответствующие факты, постоянно их повторяя и создавая почти имплицитные воспоминания, состоящие из детализированных сведений. Тим Талли уже пришел к почти окончательному выводу: большинство из таких людей не содержат в себе ключ к тому виду памяти, который он

ищет. Но это не значит, что таким людям нечему нас научить. В команде Талли надеются, что среди людей с ЧОАБП, выявленных Макгофом, все-таки могут отыскаться обладатели интересующей их разновидности необычно мощной памяти.

Рёдигер, работающий вместе с Талли, считает, что уже, возможно, нашел одного такого человека. Рёдигер именно через Макгофа познакомился с Джейком Хауслером, этим необыкновенным мальчиком из Нью-Джерси, еще в раннем детстве запоминавшим номера талонов техосмотра всех машин, припаркованных в окрестностях. Рёдигер несколько раз встречался с Джейком. И хотя сам Макгоф диагностировал у Джейка ЧОАБП, Рёдигер считает, что этим дело не ограничивается, хотя он уверен, что у Джейка нет аутизма.

«Немногие четырехлетки способны запоминать номера талонов техосмотра», — отмечает Рёдигер.

К моменту нашего разговора с Рёдигером этот рано развившийся детсадовец превратился в очень общительного 13-летнего паренька с медно-каштановыми волосами и широкой белозубой улыбкой. Сегодняшний Джейк собирает бейсбольные карточки и любит географию. Я понимаю, что мне хотелось бы испытать его необычайные способности лично, пусть даже и по телефону.

Когда я наконец получаю такую возможность, он и его мать Сари сидят в гостиной своего нынешнего дома в Сент-Луисе.

— Джейк, почему бы тебе не спросить Адама, когда у него день рождения? — предлагает Сари.

— Когда у вас день рождения? — послушно спрашивает меня Джейк.

— Первого августа, — отвечаю я. — А что?

— Ну, это легко, — говорит Джейк, не отвечая на мой вопрос. — Это день, когда я пошел на игру «Детройт Тайгерс»!

Он объясняет, что 1 августа 2014 г. впервые в жизни посетил Детройт — вместе с родными. Это была пятница. В центре города было немного облачно, но температура была вполне комфортная — около 25 градусов[37].

— Мы поехали в «Греческий город», где живут детройтские греки, и отлично там поели, — рассказывает Джейк. — Жареный сыр [саганаки]. Он пахнет бензином.

Я впечатлен, но пока не убежден в какой-то особенно сверхъестественной памяти Джейка. В конце концов, всё это было лишь за несколько месяцев до нашего разговора. Как насчет первого августа в другие годы? Может ли он что-нибудь о них рассказать?

— Ну, скажем, в двенадцатом, — откликается Джейк. — Это

было паршивое первое августа. Я поехал в летний лагерь. За обедом я как-то плохо себя почувствовал и сказал — что-то мне худо. Я сказал, что меня тошнит, и у меня явно было обезвоживание и почему-то что-то вроде запора. В тот день было тридцать шесть градусов.

Потом Джейк упоминает Фрэнсиса Скотта Ки, написавшего стихотворение «Звездно-полосатый флаг»[38]. «У нас общий день рождения, — сообщает мне Джейк, только Ки появился на свет в 1779 г.».

Как и Прайс, мальчик обнаружил, что необычайная память — это не всегда приятно.

— Мне вообще-то нравится, что у меня такая память, но я ведь помню и всякое плохое, что со мной было, — говорит Джейк. — А плохие вещи обычно почему-то даже ярче выделяются.

Пример — 16 сентября 2011 г., пятница, тот день, когда он случайно столкнул другого мальчика с «лазилки» на игровой площадке и ему пришлось надолго остаться после уроков. Теперь ему приходится это помнить (и само событие, и то, что он при этом чувствовал) каждый день. И так будет до конца его жизни.

Побеседовав с человеком вроде Джейка Хауслера, трудно не преисполниться оптимизма насчет смелых исследований Талли. Миллионы бэби-бумеров[39] неуклонно приближаются к порогу старости, и нет почти никаких сомнений, что подобный продукт — «таблетки памяти» — будет пользоваться невиданным спросом, имеющим мало аналогов в истории фармацевтики. Мне, например, очень хотелось бы перестать терять ключи от машины и, главное, перестать терзаться вопросом, что же означает такая забывчивость.

Глава 8
Хирург, который дирижирует симфонией

Глубокое стимулирование мозга и сила электричества

Несколько лет назад, в одно великолепное августовское утро, около одиннадцати часов, 30-летняя Лисе Мёрфи поднялась из-за своего рабочего стола в одной из ведущих пиар-фирм Чикаго и, не позаботившись даже собрать вещи, выключить компьютер или хотя бы сообщить кому-то, куда она направляется, вышла из офиса и исчезла.

В предшествующие две недели она чувствовала, как что-то такое подступает: наползающая тревога, ощущение, что всё не совсем так, как должно быть. Иногда она вдруг обнаруживала, что плачет — непонятно почему. Но такие моменты быстро накатывали и проходили: ее словно зацепляло краешком бури. В то августовское утро буря грянула прямо у нее над головой.

Сегодня Лисе Мёрфи, худощавая блондинка с привлекательными, немного угловатыми чертами лица и широкой улыбкой (которую доводится увидеть не всем), лишь с огромным трудом заставляет себя использовать слово «депрессия», описывая случившееся. Во многих языках слово «депрессия» часто подразумевает нечто постепенное: скажем, когда из воздушного шара медленно, но неуклонно выходит воздух.

Психическое расстройство, обрушившееся на нее в тридцатое лето жизни, она вспоминает как нечто «стремительное и яростное» — внезапный эмоциональный ураган, явившийся ниоткуда, подхвативший ее и высосавший из нее всю жизненную силу, не оставив ей «никаких мыслей», «никаких чувств», бросив ее в пространстве, которое одновременно казалось и «пустым», и чрезвычайно тяжелым.

Лисе Мёрфи так никогда и не вернулась в свой офис. Она так никогда и не забрала оттуда свои вещи.

«Это был не просто психологический срыв, — говорит она. — Он был психический, физический, физиологический, всё вдруг рухнуло. Я потеряла невероятное количество килограммов, я не выходила из дому. Я два года не говорила ни слова. Я не могла функционировать. Всё вдруг стало требовать колоссальных усилий. Мне словно бы нацепили свинцовый жилет, как перед рентгеном. Казалось, я постоянно таскаю на себе жуткую тяжесть».

Всего за несколько месяцев она уехала из Чикаго, вернулась в родной Бостон и начала составлять свое медицинское резюме, которое разрастется до семи страниц. Она пыталась принимать селективные ингибиторы обратного захвата серотонина (СИОЗС), такие как прозак или паксил. Она пробовала «разговорную терапию». Она глотала ингибиторы моноаминоксидазы (ИМАО) и трициклики (нардил, элавил, доксепин). Она использовала стимуляторы и «комбинированную терапию» — различные сочетания всевозможных лекарств, которые якобы должны усиливать действие друг друга. Наконец она согласилась, чтобы врачи больницы Макклина уложили ее на кушетку, пристегнули и подвергли электросудорожной терапии — не один раз, а тридцать. Но и эти электрические разряды не смогли вернуть ее к нормальной жизни. Казалось, не помогает ничто.

А потом, в мае 2004 г., психиатр Дарии Доэрти сказал Лисе, что ищет добровольцев для экспериментальной процедуры под названием «глубокая стимуляция мозга» (ГСМ). Операция была, прямо скажем, не для слабонервных. Доэрти объяснил, что на первой стадии его коллега, нейрохирург Эмад Эскандар, просверлит в темени Мёрфи два отверстия размером с десятицентовую монетку и примерно на 7 см погрузит набор 42-сантиметровых электродов в серое вещество ее мозга.

Затем Лисе должна будет вернуться на вторую операцию. На сей раз Эскандар сделает «карман» у нее под кожей, над грудной клеткой, вставит в это пространство прибор с аккумулятором и генератором электрических импульсов, а затем пропустит у нее под кожей провод, соединяющий это устройство с черепными электродами. После включения устройство будет порождать электрический ток, стимулирующий нервные волокна, которые передают сигналы от при митивных областей головного мозга (ассоциируемых с моти вацией и эмоциями) к его лобным долям.

По мнению Доэрти, в работе головного мозга Лисе Мёрфи что-то фундаментальным образом разладилось. Ученый надеялся, что если по-хакерски вторгнуться в нужный участок мозга, обратившись к этому участку на его родном электрическом языке, то, быть может, появится шанс исправить положение. Конечно, Доэрти не мог обещать пациентке, что это решит ее проблемы. К тому_ времени ГСМ уже больше десятка лет применялась для лечения острых форм болезни Паркинсона: она помогала ослаблять такие симптомы, как дрожь конечностей, негибкость и оцепенелость тела, замедленность движений, трудности при ходьбе.

Но среди всех пациентов с депрессией, кто лечился в Массачусетской больнице общего профиля, Мёрфи предстояло

стать первым пациентом, кто подвергнется этой процедуре (и одним из первых таких больных в мире).

Впрочем, имелись веские основания полагать, что процедура может подействовать. Эскандар сделал такую операцию кое-каким пациентам Доэрти, страдавшим обсессивно компульсивным расстройством, причем многие из них еще и испытывали глубокую депрессию. Во многих случаях происходило нечто совершенно неожиданное: лечение не только исцеляло их от ОКР, оно еще и выводило таких пациентов из депрессии.

Лисе Мёрфи не стала долго раздумывать. Она хотела вернуть себе свою жизнь. «да, — ответила Лисе психиатру Доэрти, — я готова попробовать».

* * *

Как мы уже знаем, нейрофизиологи часто сравнивают согласованную подачу нейронами электрических импульсов с симфонией, где множество инструментов играют вместе, порождая целое, которое оказывается больше, чем просто сумма этих составляющих. Именно эта нейронная симфония позволяет нам думать, чувствовать и двигаться. На протяжении нескольких последних десятилетий основная часть нейронаук (и многие из тех персонажей, которых мы уже повстречали на нашем пути) занимается тем, что вслушивается в эту музыку и пытается осмыслить ее.

Но Доэрти с Эскандаром предлагали проделать с Мёрфи нечто совершенно иное. Доэрти и его коллеги не довольствовались тем, чтобы просто сидеть за дверью концертного зала и слушать, как различные инструменты, порождающие ней ронную симфонию, играют вместе. Им хотелось распахнуть двери, войти в зал, прошествовать прямо к дирижерскому пульту и попробовать самим управлять этим оркестром, добиваясь того, чтобы музыка звучала по-другому.

Многие считают, что вмешательства наподобие ГСМ и других методик, позволяющих врачам изменять рисунок нейронной активации в мозгу (т. е., в сущности, дирижировать мозговой симфонией нейронов), в будущем могли бы совершить настоящий переворот в медицине. Существующие препараты для лечения болезней мозга зачастую неэффективны и нередко обладают неприятным побочным действием. Во многом это происходит из-за того, что такие вещества изменяют химию всего мозга в целом, а не только интересующей нас области, а значит, влияют и на поведение здоровых нейронов. А вот при помощи электрической стимуляции медики могут нацеливаться на определенные популяции нейронов, ограничивая лечение небольшими, сравнительно изолированными участками мозга, которые и

являются причиной проблем. При этом можно сосредоточить на этих участках всю мощь современных технологий, не опасаясь зацепить соседние зоны, которые не нуждаются в таком воздействии.

«ГСМ позволяет нам внедриться в конкретную нейронную цепочку, которая, как нам известно, задействована в механизмах возникновения этого заболевания. Мы ее стимулируем и добиваемся, чтобы она давала или не давала импульсы нужным нам образом, — поясняет Доэрти. — Это дает гораздо более надежные и стабильные результаты, чем те методы, которые использовались прежде».

Вообще нет причин ограничивать применение таких методик лишь лечением болезней. Целый ряд экспериментов уже показал, что ГСМ в принципе можно использовать для регулирования уровня внимания и для того, чтобы подвергшийся подобной стимуляции мог лучше выполнять самый широкий спектр когнитивных задач. В частности, можно было бы попытаться именно с помощью ГСМ достичь той цели, которой Тим Талли так упорно пытается добиться медикаментозным путем: улучшения памяти. Результаты опытов оказались столь многообещающими, что военные даже выделили финансирование некоторым специалистам, пытающимся создавать самые разнообразные методы, которые дали бы возможность сделать то же самое без операции на мозге, т. е. обладали бы меньшей инвазивностью, чем ГСМ.

Готовя эту книгу, я даже позволил одному исследователю из Университета Джорджа Мейсона прикрепить пропитанную спиртом губку к верхней части моего черепа, повернуть верньер на какой-то черной коробочке и послать череду электрических импульсов через правую часть моей теменной коры (я при этом ощутил легкое жжение, не более того). Эта методика называется транскраниальной электростимуляцией постоянным током (ТКЭСПТ). Экспериментаторы хотели выяснить, не буду ли я в результате такого «потенциирования нейронов» лучше выполнять одно задание, для которого требуется задействовать кратковременную память. (Они пришли к выводу, что другим испытуемым такая процедура помогла, но я так и не узнал, сделала ли она меня умнее. Сам я это определить не смог.)

Альваро Паскаль-Леоне, гарвардский нейрофизиолог, который занимался сканированием мозга Пэт Флетчер, сейчас экспериментирует с ТКЭСПТ, пытаясь узнать, нельзя ли с ее помощью ускорить развитие нейропластичности.

Пока идет лишь процесс накопления доказательств, свидетельствующих в пользу того, что эти менее инвазивные

методики действительно работают. А значит, в обозримом будущем наиболее воодушевляющие научные достижения (и те, которые труднее всего отмести как нереальные), скорее всего, будут и дальше порождаться экспериментами, проводимыми на тех людях, которым вставили электроды напрямую в обнаженную кору головного мозга. Подобный прямой доступ к нейронам позволяет нейрохирургам контролировать электрические потоки без заглушающего и рассеивающего влияния черепной коробки, а это куда более эффективно, чем не столь инвазивные технологии[40].

Вот почему в один летний день, через несколько месяцев после того, как я посидел в этой комнате с исследователем из Университета Джорджа Мейсона, я собрал сумку и полетел в Бостон, дабы встретиться с человеком, который некогда провел операцию Лисе Мёрфи, — с нейрохирургом Эмадом Эскандаром. Несмотря на то что прямая транскраниальная электростимуляция на меня, судя по всему, никак не подействовала, я вовсе не собирался добровольно подставлять свой голый мозг под электроды. Но я решил, что встану позади Эскандара и буду наблюдать из-за его плеча, как он станет вводить электроды кому-то еще. Нейрохирург не возражал.

Метод глубокой стимуляции мозга родился в одной французской операционной в 1987 г., когда нейрохирург Алим Луи Бенабид в силу счастливого стечения обстоятельств совершил одно открытие, готовясь оперировать пациента, страдавшего от неконтролируемой дрожи. Уже несколько десятилетий при лечении таких пациентов, которым не помогало ничто другое, применялась в качестве метода последней надежды радикальная, но зачастую довольно эффективная технология: хирурги просто высверливали отверстия в черепной коробке и удаляли те участки мозга, которые, как представлялось врачам, вызывают заболевание. Иногда такой же подход использовали и при лечении других двигательных расстройств, а также острой эпилепсии и некоторых психических болезней. В тот день 1987 г. Бенабид собирался удалить пациенту часть таламуса — структуры, имеющей форму ореха и расположенной в глубине мозга. Разрушив или «механически повредив» часть этой ткани, хирург намеревался избавить больного от источника случайных электрических импульсов, которые летят вниз по периферическим нервным волокнам организма и вызывают дрожание руки пациента.

Конечно же, любая операция на мозге опасна. Неверный расчет может привести к параличу, слепоте, даже смерти. Чтобы избежать неприятных сюрпризов, Бенабид прибег к обычной

среди хирургов мере предосторожности: перед операцией он не стал давать пациенту наркоз (так можно поступать, поскольку в мозгу нет болевых рецепторов). Хирург вставил электрический зонд в тот участок мозга, который он намеревался удалить. Затем он подал импульс и стал внимательно наблюдать за больным, чтобы убедиться: такая стимуляция не порождает неожиданных эффектов. Этот прием нейрохирурги используют уже больше полувека — дабы удостовериться, что участок, который они собираются вырезать, не выполняет какую-то жизненно важную функцию. Слабый ток, пропускаемый по электроду-зонду, заставляет окружающие его нейроны дать импульс, тем самым показав, какую роль они играют в работе организма (и играют ли они ее вообще).

К 1987 г. нейрофизиологи успели разработать специальный протокол для таких процедур, но Бенабид решил его проигнорировать, что принесло немалую пользу науке. Вместо того чтобы стимулировать мозг пациента током с частотой 50 Гц, хирург повернул верньер почти до 100 Гц. Когда он ввел электрод в нужную зону, случилось нечто неожиданное: рука пациента перестала трястись — впервые за несколько лет. Бенабид отключил ток, и дрожь возобновилась. Он включил электричество снова — и дрожь опять прекратилась. Врач понял, что это высокочастотное стимулирование каким-то образом глушит нежелательные нервные сигналы.

Бенабид попытался понять, как же действует эта загадочная методика, и разработать наиболее эффективные способы ее использования. В этом ему помогло открытие, которое как раз примерно в это время сделал Малон Делонг, нейрофизиолог из Университета Эмори. На протяжении почти всего XX в. большинство ученых полагали, что сигналы, поступающие из всех участков сенсорной и моторной области коры, сходятся в более глубинных зонах мозга, связанных с мотивацией, вознаграждением и движением, и что в этих зонах они как-то смешиваются друг с другом и подвергаются оценке. По завершении этого процесса данный участок мозга каким-то таинственным образом рождает сигнал, который и заставляет носителя мозга должным образом отреагировать на внешнее раздражение: скажем, отдернуть руку от горячей плиты или изменить походку, чтобы подняться по лестнице.

Но в начале 80-х Делонг обнаружил нечто любопытное, записывая и анализируя паттерны активации мозга подопытных мартышек. Делонг, интересовавшийся происходящим в базальных ядрах, наблюдал за ними, пока мартышки выполняли задания, требующие различных типов движения, и выяснил, что при этом

не происходит никакого предсказанного наукой «схождения» и смешивания разного рода сенсорных сигналов, поступающих от коры. Вместо этого сенсорные сигналы, принимаемые базальными ядрами от разных частей тела, оставались отделенными друг от друга и распространялись по разным «цепочкам» или сетям, которые действовали параллельно. К примеру, та зона коры, которая отвечает за обработку осязательных ощущений, возникающих, когда мы прикасаемся к чему-то кончиком пальца руки (именно эту зону так подробно изучал Майк Мерценич), оказалась соединена с соответствующей локализованной зоной базальных ядер, отвечающей за прикосновения кончиком этого пальца, а затем соединялась с третьей «станцией» для обработки этого ощущения (находящейся в таламусе), после чего сигнал снова направлялся в кору. На каждой из четырех станций на этом пути данные, поступающие из других областей мозга, подпитывали новой информацией эти отдельные цепочки, однако первоначальный [осязательный] сигнал оставался одним и тем же и распространялся по той же «пальцевой» цепочке.

Делонг не остановился на простом предположении, что эта сегрегация обработки сенсорных и моторных сигналов продолжается по мере того, как эта информация распространяется по мозгу. Он заявил: возможно, мы используем ту же систему дискретных цепочек для выполнения функций более высокого уровня — скажем, познавательных задач или же обработки эмоций. Более того, ученый предположил, что практически для всех функций, выполняемых мозгом, существуют «параллельные» или «модульные» цепочки распространения сигналов в мозгу — цепочки, которые проходят от коры к базальным ядрам или соседствующим с ними структурам и далее к таламусу и обратно к коре.

«Эти замкнутые петли, похоже, являются ключом к пониманию почти каждого аспекта поведения человека и того, как неправильно протекающие процессы обучения и поведение, плохо приспособленное к обстоятельствам, могут при водить к разного рода возмущениям, — говорит Делонг. — Складывается впечатление, что, когда в ходе эволюции требовались какие-то новые функции, шло добавление новых модулей именно к этой базовой, примитивной организационной структуре: модули как бы достраивались один поверх другого».

Вывод имел, в сущности, теоретический характер, но он нашел вполне реальное воплощение в медицине. Делонг начал выявлять конкретные цепочки, идентифицируя моторные и немоторные нервные пути. В частности, он сумел обнаружить одну важнейшую структуру («путевую станцию») в базальных

ядрах, которая, судя по всему, играет ключевую роль в возникновении и развитии болезни Паркинсона: субталамическое ядро. У мартышек с болезнью Паркинсона эта область необычно активна. Но когда Делонг подавил ее активность с помощью специального препарата, симптомы болезни исчезли. Исследователь показал: по крайней мере в нескольких случаях болезни мозга это болезни нервных цепей, и если вы исцелите нужную цепочку, то можете избавить пациента от симптомов недуга.

Прочитав статью Делонга об этом исследовании, Бенабид понял, что нашел идеальную площадку для тестирования своей новой методики под названием ГСМ и для того, чтобы доказать ее действенность. Опубликовав в 1991 г. программную статью, где подробно описывалось использование этой технологии для лечения тремора обеих сторон тела не только у страдающих идиопатическим (наследственным) дрожанием и паркинсонизмом, он выпустил еще одну эпохальную статью: там он показывал, что может облегчать многие другие изнурительные симптомы, вызванные болезнью Паркинсона, в том числе замедленное движение и излишнюю жесткость мышц, последовав по пути Делонга и стимулируя субталамическое ядро, находящееся рядом с таламусом и базальными ядрами.

Даже сегодня, через три десятка лет после открытий Бенабида и Делонга, не утихают бурные споры о том, что же именно (и почему) происходит, когда нейрохирурги вводят электроды в серое вещество мозга и дают мощный электрический разряд. Годами многие нейрофизиологи полагали, будто такое стимулирование нейронов подавляет ненормальную активность определенной нервной цепочки, возможно, как-то «изматывая» ее. Это бы объяснило, почему ГСМ так хорошо помогает уменьшить неконтролируемую дрожь, которая наблюдается у страдающих паркинсонизмом, и почему этот метод оказался эффективен для утихомиривания «нейронной болтовни», которая, судя по всему, в организме больных ОКР идет по вечному замкнутому кругу.

Однако в последнее десятилетие, изучая соответствующие процессы на животных, нейрофизиологи сумели более точно измерить сигналы, подаваемые нейронами, и обнаружили, что ГСМ, проводимая на таких частотах, судя по всему, как раз стимулирует нейронную активность. Филип Старр, нейрохирург из Калифорнийского университета в Сан-Франциско, специализирующийся на двигательных расстройствах, выдвинул теорию, которая сегодня считается основной: он полагает, что ГСМ работает благодаря «десинхронизации» паттернов подачи импульсов в тех или иных нейронных цепочках.

Подобно энергии, движущейся через океан, электрические сигналы, проходящие по нервным цепочкам мозга, распространяются волнами. Как и во время океанского шторма, большая волна, которая идет с нужной скоростью, может поглотить все меньшие волны, попадающиеся на ее пути. При паркинсонизме аномальная активность, как штормовая волна, растет сама собой, порождая патологические волны активности, захватывающие контроль над нервной цепочкой и подавляющие всю прочую активность в ней. ГСМ разрушает эти огромные волны, вновь превращая их в группы волн меньшего размера, позволяя цепочке разблокироваться и снова начать пропускать относительно слабые сигналы.

Как бы там ни было, FDA одобрило использование ГСМ для лечения тремора в 1997 г., а для лечения болезни Паркинсона — в 1999-м. Сегодня этот метод используется для того, чтобы уменьшать неприятные симптомы у десятков тысяч больных. Со временем произошло неизбежное: исследователи начали размышлять над тем, как бы раздвинуть границы применения этой теории нейронных цепочек и этой методики, чтобы с их помощью попробовать лечить другие болезни мозга, в частности трудноизлечимые психические недуги.

* * *

Я прохожу через стеклянный, сплошь состоящий из полированных поверхностей вестибюль Массачусетской больницы общего профиля. Я приехал сюда в свежий июльский день, столь же великолепно погожий, как и тот чикагский летний день, когда почти десять лет назад Лисе Мёрфи вышла из своего офиса, чтобы никогда больше туда не возвращаться.

Конечно, Мёрфи давно перестала подвергаться операциям на мозге. Но когда я вхожу в кабинет Эмада Эскандара и заявляю, что готов понаблюдать за сегодняшней операцией, он заверяет меня, что с тех пор эта процедура изменилась мало. Предоставив мне хирургический костюм и маску, Эскандар предупреждает, что он работает быстро. Мне потребуется хорошая реакция, чтобы за ним уследить.

Эскандар ведет меня по запутанному лабиринту ярко освещенных коридоров, соединенных лифтами, мимо растерянных, потрясенных, медленно бредущих родственников больных, сквозь двери, требующие карточки-ключа, мимо анестезированных пациентов, с затуманенными глазами лежащих на каталках, которые быстро толкают перед собой медсестры в специальных резиновых туфлях. Мы резко тормозим перед дверью, ведущей в операционную.

Сегодняшняя пациентка лежит на каталке. Ногти женщины

поблескивают веселеньким ярко-голубым лаком. Как и Лисе Мёрфи, она уже успела отчаяться: никакие другие варианты лечения на нее не подействовали. Но ее персональный мучитель — не депрессия, а обсессивно-компульсивное расстройство (ОКР). В разговорах эту болезнь частенько упоминают очень непринужденно: «Уж извините, у меня, видно, небольшое ОКР, я вечно раскладываю свою обувь по цвету». Но у пациентов с ОКР, попадающих к Эскандару и Доэрти, этот недуг — куда более изматывающий. Они проводят по восемь часов в день, отдраивая отбеливателем всё вокруг себя. Они не в состоянии работать. Иногда случается даже, что такие люди никак не могут выйти из номера в оговоренный день приема у врача: они застревают у раковины в ванной, без конца отмывая руки, и так до тех пор, пока за ними кто-то не придет. У одного из пациентов, рассказывает мне Эскандар, был «заскок» насчет зеркал. Перед операцией Эскандару пришлось закрыть все отражающие поверхности на пути в операционную и в ней самой.

Конечно, сегодняшняя пациентка, получившая общий наркоз, сейчас мирно лежит без сознания среди лотков с поблескивающими металлом скальпелями и ножницами, залитая светом ярчайших ламп, которые сделали бы честь студии загара. Медсестры прикрыли ее белой простыней. Кроме того, они обрили ей голову и с помощью зажимов и винтов прикрепили жесткий коробчатый каркас к ее лбу и к боковым сторонам ее черепа. На каждый прут каркаса нанесены крошечные цифры, как на линейке: цена деления — 1 мм. Эти цифры позволят Эскандару точно выравнивать пустотелые металлические направляющие, которые он собирается пропускать через кору головного мозга пациентки в центр ее мозга, следуя по прямому маршруту, ведущему хирурга прямо к цели.

Но предварительно хирург должен составить карту этого маршрута. Эскандар усаживается рядом в своем хирургическом костюме, залихватски сдвинув маску вверх, на голубую хирургическую шапочку. Орудуя компьютерной мышью, он подводит курсор к определенному месту в центре одной из четырех картинок на мониторе. Эти картинки изображают мозг пациентки, и все они сняты с разных ракурсов. Они представляют собой результат детального картирования мозга с помощью новейшей технологии сканирования. Эскандар наметил себе мишень: как он полагает, точно направленный в это место электрический разряд пройдет по нервной цепочке, задействованной в механизмах ОКР. Есть надежда, что это избавит пациентку от болезни, которая разрушила ее жизнь.

«Оптимальное место, вводить надо сюда, — говорит он

младшему хирургу, показывая небольшой участок на одном из снимков. — Это ваша точка входа».

Сегодня Эскандар вместе с Доэрти руководит отделением нейротерапии Массачусетской больницы общего профиля — самым массовым в стране центром психиатрической хирургии. За последние годы эти двое прошли еще дальше по тому пути, на котором у них несколько лет назад произошла встреча с Лисе Мёрфи — та самая встреча, с которой всё началось.

Сегодня, в рамках организованной [бывшим] президентом Обамой инициативы «BRAIN» [«МОЗГ»] («Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies» — «Исследование мозга с помощью инновационных нейротехнологий»), эти два специалиста совместно возглавляют целую команду врачей, ученых и инженеров, участвующую рассчитанной на пять лет программе общей стоимостью 30 млн долларов. Цель программы — разработать новое поколение методов ГСМ для лечения серьезных психических заболеваний, большинство из которых считаются слишком сложными и таинственными, чтобы их можно было лечить при помощи систем ГСМ, имеющихся сейчас на рынке. Речь идет не только о депрессии и ОКР, но и о таких недугах и отклонениях, как шизофрения, посттравматическое стрессовое расстройство, травматические повреждения мозга, патологическая тревожность.

Все эти состояния характеризуются непредсказуемыми изменениями в мозгу, которые время от времени приводят к возникновению болезненных проявлений. Эскандар и Доэрти пришли к выводу: чтобы по-настоящему научиться всегда усмирять эти сложные заболевания, необходимо создать устройство нового типа, способное не только постоянно стимулировать мозг в одном-двух местах (как делают нынешние приборы), но и отслеживать активность мозга в реальном времени, выявляя аномалии и затем реагируя на них подаваемыми в нужные моменты мощными электрическими импульсами. Здесь снова будут играть ключевую роль такие же технологии распознавания, применение которых мы уже наблюдали в других сферах.

Но во многих случаях нейрофизиологи пока даже не выяснили, как выглядят те нейронные аномалии, с которыми им придется иметь дело. Поэтому Доэрти и Эскандар, работая в рамках этого проекта, пытаются определить, чем мозг людей, страдающих от таких заболеваний, отличается от мозга здоровых людей. А уже потом придется выявлять, какого рода паттерны электрической стимуляции можно было бы использовать для исправления неполадок в мозгу подобных пациентов.

«У нас до смешного амбициозная цель», — признаёт Эскандар.

Но это не какие-то беспочвенные фантазии. Инженеры, работающие на другом берегу реки Чарльз, в Лаборатории Дрейпера, тесно сотрудничают с Доэрти и Эскандаром, разрабатывая необходимое оборудование. В 1960-е гг. дрейперовские инженеры прославились благодаря ключевой роли, которую они сыграли в осуществлении одного из важнейших научных достижений XX в.: они помогли создать системы наведения и некоторые приборы для корабля «Аполлон-11» — аппарата, в 1969 г. высадившего первых людей на Луну. Сегодня лучшие умы лаборатории направляют свой вычислительный и конструкторский опыт не в глубины Вселенной, а в глубь человеческого мозга, исследования которого — один из главных передовых рубежей для науки XXI в. Эти специалисты уже разработали прототип устройства, которое объединяет ГСМ со многими могучими инструментами, знакомыми нам по предыдущим главам: с технологиями сканирования (и записи сигналов) мозга в реальном времени, с программами для распознавания паттернов, с системами беспроводной связи, не говоря уж о колоссальных вычислительных мощностях. В каком-то смысле такие усовершенствования уже давно назрели: их следовало бы внедрить еще много лет назад. По словам Эскандара, то устройство, которое предстоит имплантировать сегодняшней пациентке, страдающей ОКР, задействует технологию, существующую уже несколько десятилетий: во многом именно поэтому нейрохирург-ветеран так убежден, что и он, и другие клиницисты пока лишь слегка коснулись поверхности безбрежного океана возможностей такого рода методов.

«Задумайтесь над тем, что происходило в последние двадцать лет с точки зрения миниатюризации, закона Мура [о стремительном нарастании вычислительных мощностей со временем] и прочего в том же роде, — призывает Эскандар. — Вот перед вами этот приборчик, который появился в девяностые. А разработали его в восьмидесятые, когда у меня даже мобильника не было».

В отличие от прибора, который Эскандар планирует использовать в ходе сегодняшней операции (такой же он когда-то поставил Мёрфи) и который может лишь давать электрические разряды, дрейперовский прототип новой системы ГСМ будет способен также отслеживать и записывать сигналы. И он будет проделывать это с помощью целых 320 электродов, в числе которых — многочисленные группы сенсоров, помещаемые на

внешний слой мозга. Затем устройство при помощи программ распознавания паттернов будет обнаруживать аномальную нейронную активность, ассоциируемую с патологическими психическими состояниями, и в ответ стимулировать нужные участки мозга электрическими разрядами.

Вместо громоздкого процессора, имплантируемого в грудь или брюшную полость пациента, прибор будет оснащен миниатюрным центром обработки информации (меньше современного сотового телефона) со встроенным аккумулятором. Вся эта штуковина будет достаточно компактной, чтобы удобно прикрепляться к задней части черепа, не мешая пациенту. Центр обработки информации будет соединяться с целыми пятью титаново-керамическими электронными устройствами-спутниками — достаточно небольшими, чтобы помещаться в отверстия диаметром с десятицентовую монетку, просверленные в темени пациента. Каждый из этих спутников будет собирать и передавать по назначению данные с электродов, соединенных с сенсорами или направляющими, которые находятся в глубине мозга. Сейчас дрейперовские инженеры разрабатывают миниатюризованную версию устройства, которую они надеются в ближайшие месяцы опробовать на человеке и которая теоретически может оставаться имплантированной в течение многих лет.

По сравнению с этой будущей новинкой устройство, которое Эскандар намерен внедрить в мозг своей нынешней пациентке, кажется каким-то примитивным. Доэрти сможет включать и выключать прибор, а кроме того, регулировать силу электростимуляции. Каждый из двух электродов прибора имеет четыре направляющие, которые способны обеспечивать стимуляцию различных точек мозга: в сумме таких точек, сами понимаете, восемь (сравните это с 320 электродами дрейперовской модели). Прибор не в состоянии улавливать динамические состояния — и уж явно не умеет самостоятельно реагировать на них. Но все равно он может резко изменить к лучшему жизнь этой пациентки.

* * *

В операционной, встав над выбритым черепом пациентки, Эскандар отмечает маркером свои «точки входа». Затем он прикрепляет какое-то приспособление к металлическому каркасу, окружающему голову больной, подгоняет угол наклона деталей так, чтобы он соответствовал нужным цифрам, и дает знать целой толпе медсестер, ординаторов и других наблюдателей, что он готов приступать. Всего за несколько минут он высверливает специальной дрелью два отверстия в черепе больной и при

помощи головного каркаса направляет две длинные полые металлические трубки через внешние слои ее мозга в глубину, в средоточие серого вещества. Внутрь трубок он скользящим движением отправляет пару тоненьких электродов: они будут соединены с устройством, которое он планирует установить позже. Затем он удаляет трубки, шелковой нитью пришивает направляющие электродов к скальпу и заполняет отверстия в черепе быстро схватывающимся цементом.

К нынешнему времени эта часть операции стала почти рутиной. Эскандар имплантировал подобные электроды десяткам пациентов с ОКР. Более того, он оказался в числе первых нейрохирургов, которые начали проводить такое вмешательство в порядке эксперимента — задолго до того, как в 2009 г. FDA официально одобрило широкое применение этой методики. Именно такую возможность он рассчитывал получить еще с тех времен, когда учился в медицинской школе.

В старших классах Эскандар отлично успевал по математике и физике. Он поступил в Университет Небраски, рассчитывая стать инженером-химиком. Но его планы изменились, когда по вечерам он стал подрабатывать в психиатрической лечебнице, присматривая за пациентами, время от времени переживающими острые психические срывы. Эти пациенты произвели на него очень глубокое впечатление. Среди них был профессор математики, некогда защитивший диссертацию в Северо-Западном университете и теперь безнадежно погрязший в бредовых видениях. Эскандар помнит также одного вечно растрепанного парня своих лет, улавливавшего несуществующие посторонние слова в песнях группы «Van Halen» («Разве ты не слышишь? — постоянно донимал он Эскандара. — Они кричат: "Взять их, Дэнно!"[41]). Однажды во время обычной прогулки больных во дворе бедняга воспользовался тем, что Эскандар отвлекся, и перемахнул через ограду, после чего скрылся в неизвестном направлении. Пристыженный будущий хирург ненадолго оцепенел от ужаса. Впрочем, часа через два полиция разыскала пациента: он стоял посреди автострады, пытаясь регулировать движение с помощью вилки.

Эскандара зачаровывало огромное разнообразие этих галлюцинаций. Он поражался, как мало врачи знают о психических расстройствах. «Эта больница очень отличалась от обычных больниц, — вспоминает он. — Казалось, все доктора здесь то и дело спрашивают: "Кто-нибудь толком понимает, что происходит?"». Он подал заявление в медицинскую школу, надеясь заняться раскрытием загадки мозга. После нескольких лет исследований мозга в Национальных институтах

здравоохранения он получил место в ординатуре Массачусетской больнице общего профиля, как раз когда FDA давало одобрение на первое использование глубокой стимуляции мозга для больных с двигательными расстройствами. Всего несколько лет назад он развлекал душевнобольных и присматривал за ними, а теперь он обнаружил, что проводит операции на их мозге. Заодно он получил возможность измерять его нейронную активность и присоединился к многочисленным специалистам, пытавшимся выявить причины столь странного поведения больных и их нейронов. Он остался в Массачусетской больнице и после того, как срок ординатуры истек.

Не прошло и двух лет, как он оказался на передовой исследований, призванных включить в сферу влияния хирургии и психические заболевания. Когда нейрохирурги стали размышлять над тем, к чему бы еще применить глубокую стимуляцию мозга, они решили, что вполне логично было бы начать с ОКР.

* * *

Как и паркинсонизм, ОКР характеризуется гиперактивностью (случайными паттернами нейронных импульсов) в замкнутой цепочке, идущей через три главные нервные станции, выявленные Делонгом: кору, полосатое тело и таламус (далее сигналы снова попадают в кору). Как и при болезни

Паркинсона, это буйство нейронной активности очень заметно всякий раз, когда вы измеряете параметры мозга, даже если больной при этом находится в состоянии полного покоя: у здоровых людей мозг в это время обычно кажется сравнительно «молчаливым». При изучении мозга страдающих паркинсонизмом или ОКР может сложиться впечатление, что где-то в их нервной цепочке словно бы включилась заезженная пластинка, снова и снова повторяющая один и тот же припев: одни и те же нейронные сигналы подаются снова и снова, вызывая дрожь у больных паркинсонизмом или, в случае ОКР, доводящее окружающих до бешенства стремление пациента снова и снова мыть руки.

В мозгу страдающих ОКР такой повторяющийся нейронный сигнал возникает в замкнутой цепочке, которая начинается в орбита-фронтальной коре (нижней части лобной доли коры головного мозга): как установили нейрофизиологи, эта область играет ключевую роль в эмоциональных механизмах, формировании биохимического вознаграждения и принятии решений. От лобной доли коры цепочка идет к полосатому телу и далее к дорсомедиальной зоне таламуса и обратно к коре. Наблюдавшаяся гиперактивность походила на ту, которую замечают при паркинсонизме, но она затрагивает иную

нейронную цепочку (вовлеченную в когнитивные процессы), поэтому приводит к «обсессиям и компульсиям» [навязчивым идеям и состояниям, а также непреодолимым влечениям], а не к физической дрожи, которая отмечается у страдающих болезнью Паркинсона.

Глубокая стимуляция мозга казалась Эскандару и Доэрти идеальным вариантом для начала разработки методов лечения ОКР и аналогичных заболеваний с помощью таких методик: последние 15 лет они совместно руководили одним из крупнейших в мире центров психиатрической хирургии. Но уже после нескольких месяцев такого лечения своих первых пациентов с ОКР Эскандар и Доэрти поразились не только тому, насколько эффективна оказалась эта процедура для борьбы с ОКР, но и кое-чему еще более неожиданному. ОКР и депрессия весьма часто сопутствуют друг другу: у многих пациентов, страдающих ОКР, наблюдается и депрессия. И что же выяснилось? Почти 90 % больных ОКР, страдавших также депрессией, вскоре после начала этого экспериментального лечения сообщили, что и депрессия у них, похоже, начинает проходить. Доэрти и Эскандар скоро получили официальное разрешение на проведение небольшого испытания, при котором ГСМ планировалось применить к пациентам, страдающим депрессией, однако не имеющим ОКР. А потом Дарии Доэрти познакомился с Лисе Мёрфи.

* * *

Хотя Мёрфи мало что помнит о своих операциях (во время большинства из них она пребывала под общим наркозом), она может рассказать, как несколько недель спустя вернулась в кабинет доктора Доэрти и как психиатр впервые включил ток в стимуляторе, встроенном в ее мозг. Лисе настаивает, что в тот день она не ощутила никаких изменений. Для нее жизнь по-прежнему оставалась тяжелым, изнурительным, безотрадным трудом: Лисе по-прежнему не жила, а с огромными усилиями влачила существование. Но впоследствии, оглядываясь в прошлое, она пришла к совершенно недвусмысленному выводу: именно в тот момент всё стало меняться. Для тех клиницистов, которые стали свидетелями этого события, эффект был несомненен.

Элис Флаэрти, коллега Доэрти по Массачусетской больнице, со временем близко познакомившаяся с Мёрфи, вспоминает, как Лисе сидела, сгорбившись и стараясь не смотреть никому в глаза. Но тут Доэрти включил имплантированный в ее мозг прибор, поставил регулятор на семерку, и произошло нечто потрясающее. Внезапно Мёрфи выпрямилась. И начала задавать вопросы. И встретилась взглядом со своим доктором.

Флаэрти вспоминает, как спросила у нее:

— Ну, как вы себя чувствуете?

— Мне всё так же грустно, — ответила Мёрфи. Однако то, как она ответила, заставляло предположить нечто совершенно иное: в ее интонации прорезалась явная живость и бойкость, которых не было прежде (во всяком случае, так уверяет Флаэрти).

«Меня это поразило с точки зрения связи между действиями и эмоциями, — отмечает Флаэрти. — Мы видели огромную разницу. Но мы понимали: нужно время, чтобы такое поведение, так сказать, впиталось в организм, дошло до всех его точек. Чтобы сам организм решил: а знаете, я больше не в депрессии».

Сама Лисе начала замечать эти изменения несколько недель спустя. Вместе с мужем Скоттом она держала староанглийскую овчарку [бобтейла] по имени Нед. Перед операцией сама мысль о том, чтобы вывести Неда на утреннюю прогулку, казалась ей столь же смелой, как и мысль о прогулке по минному полю. Каждое утро Лисе звонила Скотту на работу и просила его приехать домой, чтобы выгулять собаку. Но однажды, через несколько недель после имплантации, даже не осознавая, что она решилась это сделать, и не задумываясь о причинах такого решения, Лисе вывела собаку сама. Вскоре она гуляла с Недом каждое утро.

А потом, уже через четыре месяца после этой операции, умерла бабушка Лисе, и женщина вызвалась сделать нечто такое, что месяцами раньше показалось бы ей немыслимым. Она написала надгробную речь. Несколько месяцев назад Лисе пребывала в почти полной немоте, а теперь вышла вперед во время заупокойной службы и произнесла прочувствованные слова перед небольшой группой друзей и близких покойной, коснувшись и своего собственного пути: Лисе отметила, что ее бабушка тоже пережила период депрессии. А по прошествии еще нескольких месяцев Лисе опять стала работать, пусть и на условиях неполного дня. Но главная награда была впереди. В 2012 г. у Лисе со Скоттом родился сын.

Если у Лисе и возникали вопросы, нужен ли ей этот прибор, все они отпали, когда из-за инфекции врачам пришлось на несколько месяцев отключить его. За какие-то дни ее депрессия вернулась. Однако, по словам Лисе, после того, как устройство включили снова, она испытала совсем иные ощущения, чем при самом первом повороте регулятора в кабинете Доэрти (когда результаты столь поразили присутствовавших врачей, но не саму пациентку). На сей раз Лисе Мёрфи сразу же осознала, сколь мощные изменения с ней произошли.

«По всему моему телу разлилась волна теплоты, и я тут же

поняла, что эту штуку включили, — рассказывает Мёрфи. — Наутро я проснулась в совершенно новом мире. Все оттенки на улице были ярче. Мы с сыном пошли в детскую библиотеку на час рассказов. Мы с ним уже несколько месяцев ничего такого не делали. Всё казалось таким новым. Похоже, я все-таки выбралась на другой берег».

Но и Эскандар, и Доэрти склонны полагать, что в каком-то смысле, быть может, им просто повезло с Лисе Мёрфи.

Дело в том, что проблемы, возникающие при депрессии, не ограничиваются одной анатомической областью (то же самое касается и большинства других психических расстройств). Это заболевания нейронных цепочек, и обычно они дают сложные наборы симптомов, причем симптомы могут варьироваться в зависимости от того, какая часть или части цепочки затронуты. А значит, существуют разные виды депрессии и разные виды пациентов, страдающих депрессией. Каждый больной может по-разному реагировать на такое лечение — в зависимости от того, какие участки мозга стимулируются, когда и как.

Два исследователя познали это на собственном нелегком опыте. Вдохновленные успехом с Мёрфи, эти клиницисты в середине 2000-х стали применять свою методику и для лечения других пациентов от депрессии. В некоторых случаях результаты оказывались столь же выдающимися, как и с Мёрфи, указывая на то, что метод таит в себе неплохой потенциал (который эта группа и сейчас пытается реализовать в полной мере). Но во многих случаях лечение оказывалось обескураживающе неэффективным.

К тому времени вовсю шло и другое исследование применимости ГСМ для борьбы с депрессией. В марте 2003 г. Хелен Майберг, невролог, работавший тогда в Университете Торонто, имплантировала прибор для ГСМ пациенту, страдающему депрессией, введя устройство в особую область мозга — узкую структуру, именуемую субгенуальной поясной извилиной коры. Майберг опубликовала статью в журнале Neuron в 2005 г. (за год до того, как Мёрфи сделали операцию), сообщая о результатах применения такой процедуры для шести испытуемых (затем она сделала такую операцию еще двадцати пациентам: наблюдение за ними продолжается по сей день). Подобно Мёрфи, некоторые из них до операции пребывали почти в состоянии кататонического ступора [т. е. были почти бесчувственны к окружающему миру], но в итоге пришли в норму.

Первоначальные успехи Майберг с ГСМ вкупе с работами группы Эскандара и Доэрти лишь усилили широко

распространившиеся ожидания, что прибор вскоре получит одобрение FDA и его официально разрешат применять для лечения недуга, которым страдают миллионы американцев. Обеим группам удалось добиться отклика организма примерно в 50 % случаев, причем у пациентов Доэрти в трети случаев наступала ремиссия [затихание болезненных явлений]. Но для масштабных испытаний, проведения которых требует FDA перед тем, как рассмотреть вопрос об одобрении методики или лекарства, нужны контрольные группы, к которым применяют не реальную методику или препарат, а плацебо — «пустышку». Экспериментаторы вживили приборы для ГСМ всем добровольцам, а затем случайным образом разбили этих испытуемых на две равные группы: одна половина подвергалась стандартной процедуре стимуляции, а у второй электроды так никогда и не включали. Проанализировав предварительные результаты, FDA приостановило оба испытания в 2014 г.

«В конце концов выяснилось, что эффект плацебо у нас довольно высок, — признаёт Доэрти. — Но некоторым наш метод явно помог».

Эскандар и Доэрти наблюдали слишком много примечательных выздоровлений, чтобы счесть свой метод неэффективным. Майберг тоже по-прежнему остается убежденным сторонником ГСМ как средства для лечения депрессии. Но более совершенный прибор может позволить осуществлять гораздо более целенаправленные вмешательства, приспособленные к нуждам и особенностям конкретных пациентов, а возможно, окажется действенным и для более обширных групп людей. Кроме того, не исключено, что он даст нам важнейшие сведения о том, что же это такое — психические расстройства.

Хотя нейрофизиологи уже многое узнали о том, как организованы нейронные цепочки мозга и как они функционируют, пока редко удается на протяжении сколько-нибудь длительных периодов наблюдать в режиме реального времени, как действуют эти цепочки. Но Эскандар и Доэрти уверяют: технология, которую они сейчас разрабатывают и тестируют, откроет перед исследователями и эту возможность. В ходе этой работы их группа начала масштабный сбор данных, используя уже существующие методы сканирования мозга[42].

* * *

Сидя в лаборатории у Эскандара, я смотрю на компьютерный экран, где вращается трехмерное изображение полупрозрачного черепа с мозгом внутри. В черно-белом мозгу отмечены различные паттерны активации нейронов — бирюзовым,

оранжевым и пурпурным. Эти цвета показывают активность в нейронных цепочках, ассоциируемых с теми или иными ментальными задачами. Для создания этих картинок коллеги Эскандара использовали фМРТ. Бирюзовый цвет соответствует рисункам активации нейронов здорового испытуемого, выполняющего определенное задание. Оранжевый и пурпурный отображают паттерны, записанные при анализе мозга двух психически больных людей, выполнявших то же самое задание. Все три картины активации нейронов кажутся разными. Хотя «оранжевому» и «пурпурному» пациенту поставили диагноз «острая депрессия», у каждого есть и какая-то иная психическая проблема: один страдает посттравматическим стрессовым расстройством (ПТСР), другой — синдромом общей патологической тревожности.

«Каждое из этих заболеваний, можно сказать, по определению являет собой целый букет симптомов, — отмечает Доэрти. — Вот почему более целенаправленное лечение, лучше адаптированное к особенностям конкретных пациентов, может оказаться гораздо более эффективным, чем при меняемые ныне методики… [В мозгу] нет какой-то определенной точки депрессии, точки ПТСР, точки пограничного расстройства личности».

Указывая на паттерны активации нейронов этих двух пациентов с депрессией, Эскандар объясняет: используя нынешнюю систему ГСМ, можно применять лишь несложную стратегию лечения — включив электрод, стимулировать один и тот же участок мозга у обоих пациентов. А вот более совершенный вариант ГСМ, который Доэрти и Эскандар сейчас разрабатывают совместно с Лабораторией Дрейпера, позволит распознавать аномальные паттерны мозговой активности в режиме реального времени и стимулировать именно те области нейронной цепочки, которые затронуты заболеванием. При возникновении новых паттернов можно будет корректировать ход лечения, в нужное время подавая разряд электричества в нужную точку.

Специалист снова просит меня обратить внимание на экран. По его словам, все три комбинированных снимка мозга, на которые мы смотрим, записаны в то время, когда пациенты выполняют задание, позволяющее определить, насколько эффективно они могут успокоить эмоциональные области своего мозга и ответить на вопрос, требующий сосредоточенности и умственной ясности. Указав на один из паттернов активации мозга пациента с депрессией, Эскандар объясняет, что такая же картина активации обычно наблюдается у людей с симптомами ПТСР. Одна из «эмоциональных» частей нашего мозга,

миндалина, при этом так и лучится активностью. Она дает импульсы куда более активно, чем миндалина обычных испытуемых, выполняющих то же задание. Эта эмоциональная часть мозга данного пациента словно бы заходится криком, заглушая всё вокруг.

Представьте себе, говорит Эскандар, что мы сможем попросту преодолевать эту реакцию, вручную активируя и пассивируя соответствующие области. Он уже попытался продемонстрировать этот метод на пациенте, которому имплантировали в мозг электроды перед операцией, призванной облегчить симптомы эпилепсии. Эскандар и его команда могли «включать» эмоциональный отклик пациента на изображение определенного человеческого лица, стимулируя миндалину его мозга, и приглушать эту реакцию, стимулируя другую область — переднюю и тыльную части поясной извилины коры.

Команда надеется создать целый набор новых методик лечения с помощью ГСМ: электроды прибора будут вводиться в участки, выбираемые в соответствии с совокупностью симптомов конкретного пациента, а конкретные аномалии, возникающие в нейронных цепочках мозга, будут определять, куда и когда подавать электрический разряд. Эскандар полон оптимизма, рассуждая о перспективах лечения депрессии с помощью этих новых инструментов. Он возлагает большие надежды и на их применимость для борьбы с ПТСР и синдромом общей тревожности. Более того, он считает, что эти методы способны помочь в лечении патологических зависимостей, шизофрении, травматических повреждений мозга. Однако хирург признаёт: некоторые из заболеваний, с которыми они с Доэрти хотят поработать (например, пограничное расстройство личности), вряд ли легко поддадутся такому лечению в его нынешнем виде. Даже у психиатрического заболевания, для которого FDA официально одобрило применение ГСМ, доля успешных случаев излечения при помощи этого метода по-прежнему составляет около 50 %, что служит ярким напоминанием о тех сложностях, которые ждут ученых на этом пути.

Что ж, Эскандар и Доэрти не питают особых иллюзий. Человеческий мозг остается одной из самых загадочных и сложно устроенных биологических систем, известных нам. Во многих отношениях мы лишь только-только начинаем пытаться понять его. «Я уверен, что с первого раза это не сработает — и, скорее всего, не сработает даже с третьего, — отмечает Эскандар. — Но в конце концов мы все-таки добьемся успеха. Мы не будем прекращать попыток до тех пор, пока не сделаем всё как надо».

Глава 9
Внезапные гении

Как выпустить на свободу свою внутреннюю музу

Изумляет сама мысль, что ученые, быть может, вот-вот поймут, как восстанавливать и улучшать способность человеческого разума записывать и воспроизводить сведения о пережитых моментах, — и что уже сейчас разрабатываются методы, которые, быть может, когда-нибудь позволят нам вручную менять биологическую «схему подключения» эмоциональных цепочек нашего мозга, когда в них возникнут неполадки.

Но есть еще одно ментальное чудо, которое в каком-то смысле даже более трудноуловимо и фантастично. В последние годы отдельные ученые приступили к весьма амбициозным проектам, намереваясь понять и научиться улучшать самое невыразимое из человеческих качеств — способность мозга (и соответственно нас самих) к творческому самовыражению.

Наша книга подходит к концу, и глава о творческом потенциале представляется подходящей кульминацией. Некоторые утверждают, что именно творческое самовыражение отличает человека от всех других видов. Несомненно, это один из самых примечательных и могущественных талантов, при помощи которых мы проявляем свою человеческую сущность. Прекрасная песня, картина, стихотворение, роман способны творить чудеса, вызывая из глубин нашего естества видения и эмоции, побуждая нас ощущать себя прочно связанными друг с другом, а если произведение искусства по-настоящему великое, то оно каким-то таинственным образом делает так, что мы чувствуем себя более живыми. Кроме того, творческая способность — в числе самых мощных инструментов нашего выживания и эволюции как на индивидуальном уровне, так и на видовом.

Можно сказать, что именно искра творческой способности сделала возможной и эту книгу, и все те научные достижения, о которых в ней рассказывается. Именно креативность позволила Хью Герру, бросив взгляд на свои искусственные ноги, представить себе необычайно длинные протезы, идеально подходящие для того, чтобы залезать на скалы. Именно благодаря креативности Стив Бадилак задумался, не может ли кусок кишки служить удачной заменой сердечного клапана собаки. Именно эта волшебная человеческая способность позволила Майку

Мерценичу придумать эксперименты с мартышками и вращающимися дисками для проверки гипотезы о нейропластичности: из какого еще источника он мог бы черпать вдохновение?

Откуда же берется эта невероятная ментальная гибкость? Почему некоторые, судя по всему, обладают более мощным воображением и изобретательским талантом, чем другие? Как работает креативность и как мы могли бы ее усиливать?

Пока на нашем пути мы встречались с персонажами, которые волею обстоятельств принуждены были углубляться в себя и находить в себе новые резервы сил и творческих способностей, чтобы справляться с препятствиями, которые могли бы показаться непреодолимыми. Мы встретились и с персонажами, которые помогали им в этом. Эту последнюю главу мы начнем с истории о человеке, чье несчастье в конце концов стало для него неожиданным источником стойкости, а заодно позволило специалистам узнать много нового о работе человеческого сознания и расширить представления ведущих ученых о возможностях науки.

* * *

Стоя над мелководным краем бассейна, Дерек Амато крикнул своему приятелю, расслаблявшемуся в джакузи, чтобы он кинул ему футбольный мяч. Потом Дерек прыгнул головой вперед, вытянув руки. Он рассчитывал, схватив мяч одной рукой, боком скользнуть сквозь верхние слои воды, которые замедлили бы его движение и смягчили падение. Но, увы, расчет оказался неверен. Концы пальцев Амато мазнули по мячу, а потом его голова врезалась в бетонное дно бассейна с такой сокрушительной силой, что ему показалось — произошел взрыв. Оттолкнувшись руками, он поднялся на поверхность и похлопал себя руками по голове — будучи уверен, что по щекам у него бурными потоками льется кровь из ушей (на самом деле это была вода).

На краю бассейна неудачливый ныряльщик свалился на руки своих друзей — Билла Петерсона и Рика Штурма. Дело было в 2006 г.: 39-летний Амато, основной работой которого было проведение бизнес-тренингов для специалистов по продажам, ненадолго приехал из Колорадо в свой родной городок Сиу-Фоллс (штат Южная Дакота). Пока его два друга (с которыми он когда-то учился в старших классах) везли пострадавшего домой к его матери, толком не зная, что еще они могли бы для него сделать, Дерек периодически терял сознание и время от время заявлял, что он профессиональный бейсболист и ему срочно нужно в Финикс, поскольку он опаздывает к началу весеннего тренировочного сезона. Мать Дерека тут же помчалась с ним в

отделение неотложной помощи, где врачи диагностировали у него серьезное сотрясение мозга. Они отправили пациента домой, проинструктировав его мать каждые несколько часов будить больного.

Масштабы последствий этой травмы головы стали полностью ясны лишь несколько недель спустя. Одним ухом Амато стал слышать на 35 % хуже. Плюс головные боли, плюс провалы в памяти. Но уже через четыре дня после инцидента проявилось самое необычайное из этих последствий. Дерек очнулся после долгого, почти непрерывного сна и, словно в тумане, отправился к Штурму. Они сели поболтать в самодельной музыкальной студии Штурма. И тут Дерек заметил клавиатуру дешевенького синтезатора.

Он бездумно встал с кресла и уселся за него. Он никогда раньше не играл на пианино и не испытывал к этому ни малейшей склонности. А теперь его пальцы, казалось, сами находят клавиши, словно ведомые каким-то инстинктом. И, к его огромному изумлению, они побежали по клавиатуре. Правая рука начала с нижних октав, восходя по цепочкам трезвучий, отмечая мелодические интервалы, ловко промахивая арпеджио, приземляясь на высоких нотах, а затем снова начиная снизу и поднимаясь вверх. Левая рука следовала чуть позади, закладывая басовую основу, нащупывая гармонию. Дерек то ускорял, то замедлял игру, ноты задумчиво повисали в воздухе, а потом он обращал их в сочные аккорды — так, словно годами сидел за роялем. Когда Амато наконец поднял голову, он увидел, что в глазах у Штурма стоят слезы.

Амато играл шесть часов подряд. Он вышел из дома своего друга ранним утром — с несокрушимым ощущением чуда. В старших классах он немного подурачился с музыкальными инструментами, даже научился неплохо бренчать на ритм_гитаре. Но ничего такого ему и не снилось. Дерек стал искать объяснение в Сети, вбивая поисковые запросы типа «одаренный + травма головы». Результаты поиска ошеломили его. В частности, он прочел, как Тони Сайкориа, хирург_ортопед, живший на севере, штата Нью_Йорк, пострадал от удара молнии, находясь в телефонной будке (он разговаривал со своей матерью). После этого Сайкориа страстно увлекся классическим фортепиано и сам научился не только играть, но и сочинять музыку. Десятилетнему Орландо Серреллу попали по голове бейсбольным мячом.

После этого Орландо мог мгновенно определить, на какой день недели выпадает та или иная дата. Кроме того, Амато узнал, что в три года некий Алонсо Клемане неудачно упал, в результате чего навсегда лишился части своих когнитивных способностей,

зато приобрел талант лепить очень точные миниатюрные копии животных.

Наконец Амато набрел на имя Дарольда Трефферта, признанного во всем мире эксперта по «синдрому саванта [«гениального идиота»]», при котором люди, проявляющие ту или иную степень умственной отсталости, демонстрируют незаурядные таланты и умения. Амато тут же отправил специалисту электронное письмо. Скоро он получил ответы на свои вопросы. Трефферт, к тому времени уже ушедший на покой после работы в Медицинской школе Висконсинского университета, заочно диагностировал у Амато «приобретенный синдром саванта». Он сообщил, что науке известно около 75 случаев, когда самые обычные люди после черепно-мозговой травмы внезапно обретали новые умения, которые могли бы показаться почти сверхъестественными: блистательный художественный талант, великолепное владение математикой, фотографическую память или просто необычайно сильные творческие способности. Один человек с приобретенным синдромом саванта (он бросил школу в старших классах, а потом его жестоко избили грабители) — единственный известный обитатель нашей планеты, по-настоящему умеющий рисовать сложные геометрические узоры, именуемые фракталами (кроме того, он утверждает, что обнаружил ошибку в расчетах числа «пи»). Инсульт превратил другого человека из тихого мануального терапевта в знаменитого «визуального артиста» — художника, чьи работы появляются в изданиях вроде The New Yorker, а также во многих галереях (и продаются за тысячи долларов).

Нейробиологические причины приобретенного синдрома саванта изучены плохо. С помощью Интернета Амато и ему подобные могли легко связываться с исследователями, изучающими савантов, и получать доступ к усовершенствованным методам сканирования мозга, которые позволяют этим ученым хотя бы начать вглядываться в эти уникальные нейронные механизмы в ходе их работы. Отдельные специалисты даже приступили к разработке экспериментов, призванных изучить весьма интригующую возможность: не исключено, что во всех нас дремлет творческий гений, лишь ожидающий момента своего пробуждения.

* * *

Слова «творческая способность», «креативность» применяются для описания самых разных талантов, но когнитивные психологи и нейропсихологи, исследующие эти явления, в последние годы приложили немало усилий, чтобы вывести четкое определение,

позволившее бы им корректно изучать данный феномен и заложить основы для корректных научных исследований, которые могли бы сообщить нам о мозге нечто новое. Большинство экспертов сходятся во мнении, что всякая разновидность креативности должна содержать два компонента. Во-первых, речь должна идти об умении сочетать разнородные идеи по-новому. Во-вторых, эта новая комбинация, новая идея, новое понимание должны быть еще и «полезными». Как пишет в своей статье 2005 г. Элис Флаэрти из Гарвардской медицинской школы, этот критерий «Проводит границу между креативностью и простой эксцентричностью или душевной болезнью (в двух последних случаях новизна не сопряжена с практической пользой)».

«Если вы додумались использовать рычаг для того, чтобы сдвинуть с места камень, для кроманьонской цивилизации это может считаться открытием, — отмечает она. — А для современной нет».

Согласно одной из популярных моделей креативности, творческий акт можно разделить на четыре стадии: подготовка, инкубация, озарение и подтверждение (оценка). Вероятно, каждый этап опирается на свой набор нейронных субстратов и может изучаться отдельно.

«Креативность — это не одна вещь, а множество, — замечает Реке Джанг, нейропсихолог. из Университета Нью-Мексико, занимающийся изучением творческой способности человека. — Это не просто какой-то момент, когда вы кричите:‚Ага!“. Недостаточно просто сидеть, ничего не делая, ни о чем особенном не думая и позволяя своему разуму бесцельно блуждать. Очень важен сам этот многостадийный процесс».

Тем не менее, представляя себе этот вдохновенный акт рождения чего-то нового, мы часто воображаем именно две срединные его стадии. Инкубация — расслабление, которое следует за подготовительным этапом и позволяет разнородным идеям смешиваться и сливаться. А озарение — стадия, когда эти новые комбинации мыслей и идей, кристаллизуясь, всплывают на поверхность нашего сознания. Легенды рассказываются именно о таких моментах, когда великих художников и мыслителей осеняет, когда вдохновение нисходит к ним словно бы из ниоткуда.

Согласно одной из таких легенд, древнегреческий математик Архимед нежился в ванне, когда ему вдруг явилась мысль, что объем любого предмета неправильной формы можно определить, измерив объем вытесняемой им жидкости. Озарение стало настолько внезапным, что Архимед «радостно выскочил из сего сосуда и, возвращаясь домой нагим, громко восклицал, что нашел

искомое, вновь и вновь повторяя греческое слово „Эврика!“ (‚Нашел!“)»: это знаменитое описание приводит древнеримский архитектор Витрувий.

По другой легенде, Исаак Ньютон открыл гравитацию, сидя под яблоней. Бетховен ежедневно прогуливался после обеда в Венском лесу, дабы подстегнуть свою творческую способность: по пути он бегло записывал пришедшие ему в голову музыкальные идеи. Что уж говорить о нескольких поколениях писателей, напивавшихся по примеру Хемингуэя и его собратьев в надежде обрести магические слова на дне бутылки.

История о Дереке Амато и ему подобных, в сущности, сводится к истории об этих якобы магических фазах рождения творческих идей — инкубации и озарении. Каким, собственно, образом удар по голове или попадание молнии может внезапно пробудить музу? Откуда вдруг берется это страстное желание творить и умение делать это по желанию? И что это означает для нас — всех остальных людей?

* * *

Брюс Миллер, возглавляющий Центр изучения памяти и старения при Калифорнийском университете в Сан-Франциско, лечит пожилых людей, страдающих болезнью Альцгеймера и старческими психозами. Однажды, в середине 90-х, сын одного из пациентов удивил Миллера, описав необычный симптом, который появился у его отца: страстную одержимость рисованием. Но, что еще необычнее, по мере ухудшения состояния отца его картины становились всё лучше, как отмечал собеседник врача. Миллер питал сомнения по этому поводу, пока сын пациента не прислал ему кое-какие образчики отцовских работ. И эти работы, вспоминает медик, оказались блистательны.

«Уже само использование оттенков поражало, — говорит Миллер. — Он явно испытывал особую тягу к желтому и лиловому». Вскоре этот пациент (когда-то — очень умный бизнесмен без всякого интереса к живописи и прочим искусствам) утратил всякое понятие о принятых нормах поведения: он то и дело повторял фразы, переодевался на общественных парковках, оскорблял незнакомых людей и воровал в магазинах. Но при этом он получал призы на местных художественных выставках.

К 2000 г. Миллер выявил еще 12 пациентов, которые также демонстрировали неожиданные новые таланты по мере того, как развивалась нейробиологическая деградация их организма. Деменция всё больше опустошала регионы их мозга, связанные с языком, высокоуровневой обработкой информации, механизмами сдерживания, социальными нормами, но при этом всё больше расцветали их художественные таланты. Кое-кого из таких

пациентов застигали за похищением чаевых с ресторанных столиков. Одного задержали, когда он нагишом купался в общественном бассейне. Еще один подвергал прохожих словесным оскорблениям. Но эти люди создавали картины, приносившие им награды и призы. Или, скажем, сочиняли квартеты. Некоторые уже даже не могли назвать те объекты, которые они рисуют. Но их произведения поражали реализмом и техническим мастерством.

Хотя эти симптомы противоречили общепринятым представлениям о мозговых недугах пожилого возраста (художники, у которых развивается болезнь Альцгеймера, обычно теряют способность рисовать), Миллер понял, что они вполне соответствуют особенностям другой группы населения, описанной в научной литературе: савантов. Саванты часто проявляют страстное, патологическое желание показать свою необычную способность, но их поведение в общественном и языковом плане не совсем нормально и полноценно, а ведь такие дефекты встречаются и у больных деменцией. Миллер задумался: может быть, между этими двумя группами есть и нейрофизиологические сходства? Хотя пока еще не выяснены до конца нейронные механизмы, действующие в мозгу савантов (к тому же у разных людей эти механизмы могут быть различными), в ходе некоторых исследований (они начали проводиться уже в 70-х, а то и раньше) удалось выявить поражения левого полушария у савантов-аутистов с выдающимися способностями в видах искусства, математике или обладающих феноменальной памятью.

Миллер решил точно выяснить, где такие дефекты располагаются в левом полушарии «обычных» савантов — тех, чьи таланты, как правило, становятся очевидны уже в очень раннем возрасте. Он изучил результаты сканирования мозга пятилетнего саванта-аутиста, умеющего по памяти воспроизводить сложные сцены на своем «волшебном экране» [внутрь которого засыпан металлический порошок, позволяющий рисовать эскизы заново после того, как вы потрясете игрушку]. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) показала аномально высокую активность в передней височной доле левого полушария ребенка: точно такие же результаты врач обнаруживал и у больных деменцией. Конкретные функции передней височной доли остаются предметом споров, но некоторые исследования позволяют предположить, что кое-какие ее участки играют важнейшую роль в нашем вспоминании предметов, людей, слов и фактов, в умении встроить их в нужный контекст и нужную категорию, а также в их осмыслении.

В большинстве случаев ученые объясняют такое повышение мозговой активности нейропластичностью. Мы уже знаем о мартышках, чей мозг отводит больше пространства коры для обработки сигналов, поступающих с кончиков пальцев, когда подопытным животным нужно много раз подряд останавливать вращающиеся диски. Точно так же и художественные способности растут благодаря практике, поскольку перераспределение ресурсов коры головного мозга учитывает частоту, с которой используется тот или иной орган или навык. Однако Миллер предложил совершенно иное объяснение того, какие механизмы работают в мозгу его юного пациента. Ученый заявил: способности, которые появляются у савантов, возникают вследствие того, что области мозга, пораженные недугом (и связанные с логикой, вербальным общением, пониманием слов и, возможно, социальными оценками), на самом-то деле подавляли те скрытые художественные таланты, которые изначально дремлют во всех нас. По мере того как угасают «логические» зоны мозга, исчезают некоторые из нейронных цепочек, сдерживавших работу участков мозга, связанных с творческими способностями. Эти умения появляются не в результате того, что мозг вдруг обретает какие-то дополнительные силы и возможности: они появляются благодаря тому, что области мозга, связанные со свободным течением идей, наконец-то обретают возможность действовать без всяких ограничений.

Теория Миллера вполне согласуется с результатами работ других нейрофизиологов и нейропсихологов, всё чаще сталкивающихся со случаями, когда повреждения мозга спонтанно (и, казалось бы, вопреки здравому смыслу) при водят к позитивным изменениям — исчезновению заикания у людей, улучшению памяти у мартышек и крыс, даже восстановлению утраченного зрения (у целого ряда животных). В здоровом мозгу способность различных нейронных цепей и возбуждать, и подавлять друг друга играет важнейшую роль в их эффективном функционировании. «Но в мозгу больных деменцией и некоторых савантов-аутистов, — объявил Миллер, — недостаток сдерживающих факторов в областях мозга, связанных с креативностью, приводит к яркому художественному самовыражению и к почти патологическому желанию творить, творить, творить».

* * *

В течение нескольких недель после падения в бассейн Дерек Амато буквально чувствовал, как его мысли стремительно несутся в самых разных направлениях. И его пальцам страстно хотелось двигаться. Он часто обнаруживал, что выстукивает тот или иной

ритм. Проснувшись днем, он замечал, что барабанит пальцами по ногам. Дерек купил синтезатор с клавиатурой. Без такого инструмента он ощущал тревогу и какую-то чрезмерную стимуляцию. Но как только он получал возможность сесть и поиграть, наступало облегчение, сменявшееся чувством глубокого покоя. Иногда он затворялся вместе с электронным пианино на два-три дня, исследуя обретенный талант, пытаясь понять его, позволяя музыке изливаться из себя.

Впрочем, Амато испытывал и иные симптомы, в большинстве своем негативные. В поле его зрения появлялись черные и белые квадраты, словно перед его глазами вдруг возникал какой-то полупрозрачный фильтр, и этот узор двигался по кругу. Его мучили головные боли. Первый такой приступ случился через три недели после инцидента, но вскоре это стало происходить с ним по пять раз в день. От боли у него стучало в голове, свет и звуки были мучительны. Однажды он свалился на пол в ванной у своего брата. В другой раз он чуть не потерял сознание в универмаге Wal-Mart.

И все равно Амато весьма однозначно воспринимал последствия своей травмы, считая их подарком судьбы. Мать Дерека, подобно многим матерям, всегда говорила ему, что он — особенный, что его привели в этот мир для того, чтобы он совершал великие дела. Но после окончания школы он сменил несколько маловдохновляющих работ — торговал автомобилями, разносил почту, подвизался в области пиара. Да, он упорно тянулся к главному призу, но тот постоянно от него ускользал. Так, он явился на кастинг для шоу «Американские гладиаторы», но провалил тест по подтягиванию. Он организовал фирму, занимавшуюся спортивным менеджментом (если конкретнее — маркетингом и поддержкой спортсменов, выступающих в смешанных единоборствах), но она прогорела в 2001-м. Теперь же перед ним открылся новый путь.

По мнению Амато, о том, что он получил от Господа некий дар, свидетельствовала не только та легкость, которую он ощущал, кладя пальцы на клавиши музыкального инструмента, но и тот порыв, который он при этом чувствовал: жаркое, страстное желание играть. Он почти никогда прежде не испытывал такого настоятельного желания что-то делать. В глубине души он чувствовал, что рожден именно для этого.

И Амато замыслил целую маркетинговую кампанию. Он хотел быть не только артистом, музыкантом, исполнителем. Он хотел поведать свою историю миру, чтобы она всех удивила.

* * *

Дереку Амато страстно хотелось использовать и

совершенствовать обретенный талант. И Дарольд Трефферт, и Брюс Миллер часто наблюдают подобное явление у савантов, которых они консультируют. Но это еще и одна из определяющих характеристик других неврологических отклонений.

Элис Флаэрти, невролог Массачусетской больницы общего профиля, некогда работавшая с Лисе Мёрфи, даже написала несколько обзорных работ, посвященных креативности и нейродефектам и оказавших немалое влияние на многих ее коллег. В 2004 г. вышла ее книга под названием «Полуночный недуг: желание писать, творческий кризис и креативный мозг». Флаэрти пришла в эту сферу с довольно редкостным набором регалий и прозрений. В Гарварде она получила степень кандидата медицинских наук в области неврологии, а в МТИ — в области нейрофизиологии и нейропсихологии. Но потом ей пришлось, так сказать, провести постдоковские исследования в школе тяжелых жизненных испытаний.

В 1998 г., всего через месяц после того, как она окончила ординатуру медицинской школы, у Флаэрти случились преждевременные роды. На свет появились два мальчика-близнеца. Ни один из них не выжил. Психологическая и физическая травма, трагедия, гормональный всплеск… — всё это каким-то особым образом повлияло на женщину. После десяти дней сокрушительной тоски ею вдруг овладела редкая форма мании, проявившаяся в невероятном желании писать. Вскоре она уже покрывала словами все доступные поверхности. Она исписывала клочки туалетной бумаги, собственное белье, собственные руки. Она извергала из себя мощные потоки прозы, среди ночи занося их в виде мельчайших значков на крошечные листки-наклейки. Она не переставала писать, даже когда садилась за руль.

Позже она заметила, что это был «порыв, которому невозможно противостоять». И добавила: «Я только это и осознавала — что у меня масса ценнейших идей, которые нужно срочно записать, иначе я их забуду».

Но Флаэрти понимала, что у нее маниакальное состояние, «постоянное напряжение», «патологическое многословие», «возбуждение, касающееся всего на свете». Даже оказавшись в таком состоянии, Флаэрти почти сразу же поняла, что в происходящем с ней нет совершенно ничего нормального. Совсем недавно, учась в медицинской школе, она читала об этом расстройстве. Называется оно гиперграфией — патологическим желанием писать. И она быстро приняла решение:

«Я смотрела на всю эту свою писанину и понимала, что по большей части это чушь, которую старшеклассницы пи шут в

своих дневничках. И я подумала: если у человека гиперграфия и его не публикуют, значит, он просто графоман, это болезнь, такое поведение — симптом психического отклонения. А вот если его публикуют, то это уже не болезнь. Такой человек считается писателем».

И Флаэрти стала направлять свою страсть на писание определенных текстов, из которых позже сложилось две книги, опубликованные впоследствии. В водовороте захлестывающих ее эмоций она каким-то образом ухитрилась сохранить трезвый, расчетливый взгляд профессионала. Но ее выбор имел в себе и глубоко человеческий аспект. Флаэрти хотела найти смысл в происходящем, ей это было необходимо. Ей хотелось не только писать, но и общаться с другими.

Во время беседы с Флаэрти я поразился, до чего ее язык напоминает мне разговоры с Дереком Амато и Брюсом Миллером.

«Мне отчаянно хотелось общаться с людьми, — призналась она мне. — У меня было желание рассказать всем обо всем, что я когда-либо в жизни думала. Но я хотела и понять, смогу ли я найти еще кого-то, кто прошел через то же, что и я. Мне хотелось, чтобы люди осознали: их мозг влияет на то, как они пишут».

Как-то раз Флаэрти сказала: те, кто ее не знает, часто спрашивают, почему она все-таки называет случившееся «болезнью», ведь даже она сама часто относится к этому как к «чуду».

«Отчасти это из-за того, насколько сильно писательство оторвало меня от всего остального, — объясняет она. — А еще из-за того, как странно я себя ощущала: меня вдруг забросило в креативное состояние, но я-то понимала, что дело тут, скорее всего, в биохимических изменениях, которые происходят после родов. Мне очень не нравится думать, будто писательство, один из самых утонченных, даже трансцендентных талантов, находится под таким влиянием биологии. В то же время как нейрофизиолог и нейропсихолог я осознавала: если мы сумеем воздействовать на флуктуации креативности, не исключено, что мы сможем найти и способы ее усиливать».

Флаэрти изучила все, какие только смогла отыскать, описания патологических случаев и исторические примеры, касающиеся опыта других людей, переживавших сходные всплески креативности: и сам порыв творить, и ментальную гибкость, позволяющую делать это с легкостью. Она прочла работы Брюса Миллера и Дарольда Трефферта о приобретенном синдроме саванта. Она проштудировала несметное количество научных и околонаучных публикаций, связывающих психические болезни с великими произведениями искусства. Ознакомившись с

трудами психолога Кея Редфилда Джеймисона и некоторых его коллег, она узнала, что для прозаиков вдесятеро выше, чем для обычных людей, вероятность наличия биполярного расстройства, а для поэтов — в сорок раз выше. Она обнаружила и еще одну любопытную связь: хотя генетическая составляющая биполярного расстройства и шизофрении, судя по всему, передается из поколения в поколение, разрушая жизни тех, кого эти болезни затрагивают сильнее всего, часто случается так, что (как утверждает ряд исследователей) те, кого болезнь коснулась не очень сильно, получают благодаря ей необычную энергию и нетривиальные идеи, что помогает тем, у кого есть еще и талант, достичь настоящего величия и вечной славы.

Существует масса прозаиков и поэтов, которые все время страстно пишут и рифмуют, но их работа никогда не будет считаться гениальной. Существует и множество вдохновенных гениев, у которых нет никакого биполярного расстройства. Однако Флаэрти поразилась, как часто ей удавалось находить те совпадения, которые она искала: бесчисленные случаи, когда, судя по всему, душевная болезнь сопутствовала величию. Она узнала, что у Уильяма Джеймса, писателя, философа и психолога, было биполярное расстройство, правда, в мягкой форме. Его брат Генри, знаменитый прозаик, страдал депрессией. Похоже, их недуги словно бы попали в золотую середину, позволив им при этом нормально функционировать и успешно творить, в отличие от их менее известного и менее плодовитого биполярного брата Роберта Джеймса. Более того, Флаэрти лично лечила писателя Уильяма Стайрона, чье нисхождение в пучины разрушительной депрессии привело к созданию книги «Зримая тьма» (1990).

«Стайрон очень серьезно относился к тому, что он болен, — отмечает Флаэрти. — Он очень много об этом размышлял. Ему хотелось понять, как подчеркнуть ту важную роль, которую играют недуги в вашей жизни».

Многие неврологи сегодня полагают, что Достоевский страдал редкой формой височной эпилепсии, открытой лишь в 1970-х гг., — так называемым синдромом Гешвинда, одним из симптомов которого является гиперграфия. Наличие такого заболевания объяснило бы резкие перепады его настроения, ощущение обреченности, быстро сменяющееся экстазом, и его всепоглощающее желание писать. Возможно, Льюис Кэрролл тоже страдал этим недугом. За свою жизнь он написал 98 721 письмо. По мнению Флаэрти, знаменитая сцена из «Алисы в Стране чудес», где героиня падает в кроличью нору, невероятно похожа на столь же знаменитое описание «ауры» припадка у Флобера, еще одного эпилептика. В одном обзоре медицинской и

художественной литературы она отыскала и других возможных кандидатов на эпилепсию: в их число вошли Теннисон, Эдгар По, Суинберн, Мольер, Паскаль, Петрарка и Данте.

Флаэрти, как и Миллер, отметила, что все мозговые заболевания, которые, как она выяснила, специалисты связывают с гиперграфией (и многие из мозговых недугов, связанных с креативными всплесками в других сферах), затрагивают участки височных долей мозга, пролегающие под лобными долями и теменной долей примерно за глазами и за ушами, слегка не доходя до затылка.

Дефекты, возникшие в этой части мозга, могут порождать определенного рода нейронный каскад в другой его области. Трудно дать детальную характеристику этого каскада, поскольку мозг — очень сложно устроенная штука, которая во многих отношениях остается для нас загадкой. Как мы рассказывали в предыдущей главе, возмущения, возникающие в височных долях, могут распространяться по мозгу. Представьте себе, что вы кинули большой камень в середину пруда: волны расходятся от него во всех направлениях. Точно так же «мозговые волны» идут через систему связей к другим частям мозга — например, в эмоциональную лимбическую систему (которая, как полагает Флаэрти, может играть ключевую роль в появлении всепоглощающей жажды общения) или в лобные доли — генератор движения и идей.

Но Флаэрти, подобно Миллеру, заподозрила, что именно утрата функции, вызванная этими заболеваниями мозга, именно снятие ограничений, которые сосредоточены в нейронных цепочках, укорененных в височных долях мозга, высвобождает творческий порыв, а в ряде случаев — скрытые способности. Исследовательница объясняет: височная эпилепсия вызывает гиперактивность некоторых участков височной доли мозга во время приступов. Но эти приступы оставляют после себя «шрамы», так что в промежутках между приступами те участки, которые испытывали гиперактивацию, остаются как бы в оцепенении. По мнению Флаэрти, это летаргическое состояние может способствовать ослаблению сдерживающего влияния (обычно очень мощного) определенных участков височной доли и тех нейронных цепочек, которые связывают их с другими частями мозга. Эти цепочки, пережив период необычайно высокой активности, словно бы впадают в спячку, чтобы отдохнуть и прийти в себя после этой бури.

Флаэрти считает, что при биполярном расстройстве нарушение нормальной регуляции в височных областях мозга также каким-то образом «высвобождает» другие зоны мозга, в

данном случае — примитивные эмоциональные зоны лимбической системы. Подобная аномальная регуляция способствует размашистым колебаниям между маниакальным перевозбуждением и патологической вялостью: эти колебания очень характерны для маниакально-депрессивных эпизодов.

У самых артистичных среди пациентов Миллера, страдавших деменцией, не было эпилептических припадков или биполярного расстройства. Но неизменно оказывалось, что их болезнь затронула какие-то участки височных долей. По мнению Флаэрти, в таких случаях вполне вероятно, что подобное ослабление сдерживающих факторов в зонах сравнительно неповрежденных лобных долей приводит к повышению креативности. Хотя мы часто считаем лобные доли вместилищем рассудка и логики, некоторые части этих передних регионов мозга также важны для возникновения двух стадий творческого процесса — инкубации и озарения[43]. По сути, именно отсюда идеи влетают в наше сознание во время «мозгового штурма»: если помните, как раз эти области Пол Ребер начинал исследовать, изучая интуицию и возникновение внезапного понимания.

А разрушающиеся участки височной доли, отвечающие за обработку языковой информации (Миллер наблюдал такое разрушение у своих пациентов), участвуют в процессах осмысления и оценки. Их отказ может как раз способствовать «высвобождению» этих зон лобной доли, порождающих идеи.

«Когда эти участки чересчур активны, писать даже трудно, потому что вы всему даете оценку, обо всем выносите суждение, — говорит Флаэрти. — Вы все время спрашиваете себя: это осмысленно или нет? И вы слишком критически относитесь к своей работе».

Когда эти участки неактивны (как у некоторых людей с деменцией височных долей или с височной эпилепсией), происходит противоположное: фильтр исчезает, и идеи, не встречая препятствий на своем пути, широким потоком вливаются в наше сознание.

* * *

Среди наиболее удивительных находок в области нейрофизиологии музыкального таланта — открытия, сделанные отоларингологом Чарльзом Лимбом и нейрофизиологом Алленом Брауном из Национальных институтов здравоохранения: в 2008 г. они занимались совместным изучением мозга джазовых музыкантов. Кроме того, они кое-что выяснили

О функционировании механизмов креативности у здоровых людей вообще и о том, как специалисты в определенной сфере музыки, освоившие необходимые для своего ремесла технические

приемы, могут использовать свои познания для создания шедевров нового типа.

Лимб сам играет на саксофоне, фортепиано и басу, а кроме того, пишет музыку. Ему хотелось узнать, как его кумирам вроде Джона Колтрейна или Чарли Паркера удавалось, поднявшись на сцену, импровизировать в ходе почти бесконечных джемов. Казалось, их творческий фонтан никогда не иссякает. По словам Лимба, сам он научился импровизировать в средней школе, и только тогда он по-настоящему влюбился в джаз и стал «нуждаться в нем». Отчасти именно благодаря своей страсти к музыке он стал специализироваться на изучении функционирования уха.

Страсть Лимба к этому искусству не имела отношения к каким-либо биполярным расстройствам, и никаких повреждений мозга он не получал. Лимб — вполне здоровый и очень энергичный человек, и его организм функционирует отлично. Когда я наконец нашел его, он готовился перейти с должности в Университете Джонса Хопкинса на должность в Калифорнийском университете в Сан-Франциско, заняв место, которое прежде занимал Майк Мерценич и которое финансируется из специального целевого фонда. Но пребывание в креативной зоне позволяет ему (как и многим из нас) чувствовать себя особенно живым.

В 2008 г., работая в брауновской лаборатории, Лимб осознал, что у него есть возможность использовать имеющиеся там передовые технологии сканирования мозга для изучения того, откуда берется это чувство и что, собственно, происходит в мозгу, когда музыкант импровизирует. Для того чтобы выяснить это, Лимб пригласил для участия в экспериментах шесть высококвалифицированных пианистов-правшей, выступавших на местной джазовой сцене.

Лимб попросил каждого музыканта запомнить определенную мелодию и затем лечь в прибор для сканирования мозга, поместив у пояса клавиатуру синтезатора, на которой следовало аккомпанировать треку, раздающемуся из динамиков. Затем, во второй части эксперимента, музыкантам предлагалось, отрешившись от мелодии, которую они запомнили в первой части, импровизировать под определенную последовательность аккордов. Лимб хотел посмотреть, насколько при этом различается картина активации нейронов.

Как показали Лимб и Браун, при импровизации мозг, похоже, глушит области, вовлеченные в работу сдерживающих механизмов и в процессы слежения человека за собой. При этом (и неудивительно) мозг активизирует работу областей, связанных

с обработкой сигналов от органов чувств, откуда и возникает «обостренное ощущение осознания происходящего».

Для Рекса Джанга из Университета Нью-Мексико это стало подтверждением его убежденности в том, что даже у вполне здоровых людей, обладающих развитым креативным умением, творческий процесс включает своего рода «переговоры», переключения между двумя отдельными нейронными цепочками мозга, которые могут подавлять друг друга. Творческие личности отлично умеют высвобождать области мозга, необходимые для нестандартного мышления и формирования необычных ассоциаций. Но есть и вторая стадия этого процесса, зачастую отсутствующая у савантов или людей с повреждением мозга: такой порыв нужно уметь обуздывать, применяя особую, более «критически настроенную» систему для редактирования идей на стадии оценки.

По словам Джанга, у здорового человека стадии инкубации и озарения, возникающие на основе таких процессов, по-видимому, связаны с активацией нейронной цепи, которую называют сетью пассивного режима работы мозга (СПРРМ, default mode network, DMN)[44]. Именно эта сеть заблокирована, когда мы обнаруживаем, что оказались в творческом тупике (например, в писательском кризисе). СПРРМ затрагивает самые разные области мозга. Нейронные пути, которые соединяют ее с ними, находятся среди наиболее тесно связанных друг с другом и наиболее плотно перекрывающихся.

Эта сеть действует наиболее активно, когда ресурсы нашего внимания рассредоточены. Мы используем СПРРМ, когда позволяем своему разуму «бесцельно блуждать», праздно озирая окружающий нас мир. Однако эту же сеть нейронных цепей мы задействуем при саморефлексии — всякого рода мечтаниях и тому подобном. Главные узлы этой сети расположены в зонах, вовлеченных в работу механизмов памяти (например, в гиппокампе), и в медиальной префронтальной коре, участвующей в процессах стимуляции умственной деятельности. Вполне объяснимо, что мы, вероятно, полагаемся именно на эти области во время «мозгового штурма» или вольного ассоциирования идей. Как отмечает Джанг, некоторые из этих областей были активны, когда лимбовские джазовые пианисты исполняли свои соло.

Однако, по мнению Джанга, когда мы переходим к стадии подтверждения, когда начинается отсев и редактирование наших идей, мы привлекаем к этому особую комбинацию нейронных цепочек — сеть когнитивного контроля (СКК). Эта сеть часто выступает как полная противоположность СПРРМ. В сеть когнитивного контроля входят важнейшие области

префронтальной коры, участвующие в контроле внимания и физической деятельности. Именно эту зону «включали» и использовали снайперы в экспериментах Крис Берка, чтобы отфильтровать «внутренний шум».

Сам Лимб считает теорию Джанга «правдоподобной», но полагает, что тут многое зависит от конкретного задания, которое выполняет человек. (Понятно, что при писании книги требуются иные разновидности мыслей и мозговых состояний, чем для исполнения джаза.) Разумеется, добавляет Лимб, есть паттерны нейронной активации, связанные с вдохновением. Но у джазменов те компоненты этих паттернов, к которым приходится обращаться для создания новой смеси звуков, всегда зависят от полученного ранее опыта — иными словами, от «подготовительной» творческой стадии.

* * *

Но Амато не играет настоящий джаз, и подготовки он почти никакой не прошел. Откуда же взялись его музыкальные способности? Мало кто следил за появлением «внезапных гениев» вроде Амато с таким же интересом, как Аллан Снайдер, нейрофизиолог из Сиднейского университета. С 1999 г. Снайдер сосредоточился на изучении того, как функционирует мозг у таких людей. Кроме того, он рискнул проникнуть на территорию догадок и домыслов глубже многих своих коллег, предпочитающих более комфортные области работы: он пытается добиться спонтанного появления столь же выдающихся талантов у людей с неповрежденным мозгом.

В 2012 г. Снайдер опубликовал статью, которую многие считают наиболее значительным из его трудов. Вместе с коллегами он дал 28 добровольцам геометрическую головоломку, которая более полувека ставила испытуемых в тупик. Следовало соединить девять точек, расположенных в три ряда по три, четырьмя прямыми, не отрывая ручки от бумаги и не проводя одну и ту же линию дважды. Никто из этих добровольцев не смог справиться с задачей. Тогда Снайдер и его соратники применили метод транскраниальной электростимуляции постоянным током (ТКЭСПТ), чтобы временно подавить активность тех же зон мозга, которые оказались разрушены деменцией у изучавшихся Миллером людей с приобретенным синдромом саванта (эти зоны располагались в передней части левой височной доли). Одновременно они стимулировали некоторые зоны передней части правой височной доли, повышая вероятность того, что нейроны, которые более активны у больных деменцией (и, судя по всему, как-то связаны с творческими способностями), будут давать импульсы.

После ТКЭСПТ более 40 % участников снайдеровского эксперимента решили задачу. (Никто из контрольной группы, которой делали только имитацию процедуры, не нашел решения.)

По мнению Снайдера, результаты этого эксперимента подтверждают гипотезу, согласно которой особые способности, наблюдаемые у людей с приобретенным синдромом саванта, появляются, когда участки мозга, обычно находящиеся под влиянием сдерживающих факторов, лишаются этих оков. Как полагает ученый, важнейшая роль левой височной доли состоит в фильтрации потока сенсорных стимулов, в котором иначе можно было бы захлебнуться. Эти стимулы затем сортируются согласно предварительно усвоенным представлениям. Именно такие представления (или, как их называет Снайдер, «мыслительные установки») позволяют человеку увидеть дерево, а не массу отдельных листьев, и распознавать слова, а не воспринимать их просто как наборы букв. «Как мы могли бы нормально взаимодействовать с миром, если бы нам приходилось подробнейшим образом анализировать каждую новую картинку, которая перед нами возникает?» — вопрошает исследователь.

Как полагает ученый, саванты имеют доступ к «сырой)», необработанной сенсорной информации, обычно находящейся вне пределов досягаемости сознания, поскольку перцептуальная область их мозга [отвечающая за обработку данных, поступающих от органов чувств] не работает. Чтобы решить задачку с девятью точками, нужно продлить линии за пределы квадрата, образуемого этими точками, а для этого требуется отбросить предварительные представления о параметрах задачи. «Весь наш мозг заточен на то, чтобы делать предсказания, чтобы мы могли быстро ориентироваться в этом мире, — отмечает Снайдер. — А если что-то естественным образом помогает вам обходить фильтры этих мыслительных установок, эффект получается довольно мощный».

По мнению Снайдера, внезапно прорезавшийся у Амато музыкальный талант служит еще одним доказательством того, что в каждом человеке кроется непочатый потенциал, который можно высвободить с помощью определенных инструментов. В отличие от Лимба, он убежден, что до креативного таланта можно добраться без всяких традиционных методов тренировки. Когда человек, не являющийся музыкантом, слышит музыку, он воспринимает широкомасштабную картину — мелодии в целом. Амато же, как уверяет Снайдер, воспринимает музыку «буквально» — он слышит индивидуальные ноты. Больные деменцией, с которыми работает Миллер, владеют техникой рисования, поскольку они просто рисуют то, что видят, — деталь

за деталью.

Аллен Браун, соратник Лимба по этим исследованиям, видит доказательства этой теории в одной работе 2013 г., развивающей ту же идею. Одна из научных групп лаборатории Шерон Томпсон-Шилл (Пенсильванский университет) использовала ТКЭСПТ для воздействия на те зоны левой части префронтальной коры, которые брауновские творческие личности так эффективно заглушали, импровизируя в области джаза, а также рэпа или иной поэзии.

Как пишет пенсильванская группа, эти зоны являются частью сети когнитивного контроля, участвующей в процессах «сенсорной фильтрации». Когда активность этих зон подавлена, испытуемые способны более полно воспринимать образ объекта и в ходе «мозгового штурма» изобретать неожиданные варианты применения данного объекта.

«Обычно префронтальная кора собирает всё воедино и отфильтровывает сенсорную информацию, поступающую из окружающей среды, так что если у вас меньше этих фильтров, то вы выдадите более интересные идеи,», — отмечает Браун. При джазовой импровизации, спонтанном порождении рэпа или другой поэзии (Браун изучал и эти процессы) «приостанавливается фильтрация внутренних целей, внутренних движений или мыслей, возникающих внутри, а не приходящих снаружи».

* * *

Наама Мейслесс (ныне стэнфордский постдок) вместе со своим бывшим научным руководителем, Симоной Шамай-Цури из Университета Хайфы, написала серию статей, где эти идеи удается развить еще дальше. Мейслесс и Шамай-Цури изучали случай 46-летнего бухгалтера без всякого опыта рисования, у которого возникло кровоизлияние в височно-теменных областях мозга. Какое-то время пациент испытывал проблемы с общением: ему трудно было произносить слова, понятные окружающим, и понимать чужую речь. Любопытно, что, как и у некоторых из миллеровских пациентов, через несколько дней после поступления в больницу у бухгалтера возникло сильное желание рисовать — несмотря на то, что прежде он никогда этим не занимался и не испытывал никакой тяги к художественному самовыражению.

«У меня вдруг возникло чувство глубокой перспективы, — рассказывал он Мейслесс. — Теперь я понимаю, как рисовать всякие вещи. И как переводить на бумагу трехмерные штуки. Раньше я этого не умел».

Но потом случилось нечто еще более удивительное — и

чрезвычайно удачное еще и с научной точки зрения. На протяжении последующих восьми месяцев мозговое кровоизлияние у пациента уменьшилось. Он начал вновь обретать способности к языковому общению. Но при этом в нем начали угасать побуждения к рисованию и понимание того, «как переводить на бумагу трехмерные предметы». Вскоре они совсем исчезли.

Позже пациент сообщал: «Несмотря на то что я постоянно пытался опять что-нибудь нарисовать, я ощущал, что мои художественные способности очень сильно ослабли с тех пор, как усилились языковые».

Вдохновленные этим случаем, Мейслесс и Шамай-Цури пригласили 37 добровольцев для участия в новом эксперименте. После того как испытуемый укладывался в аппарат для фМРТ, исследователи просили его оценить оригинальность различных рисунков. Когда испытуемые приступали к этому критическому оцениванию, томограф показывал резкое усиление активности определенного участка их мозга — того самого, который был поврежден у получившего кровоизлияние, а также некоторых зон лобных долей коры. Более того: чем сильнее активизировались эти области, когда испытуемые находились внутри томографа, тем меньше идей у этих добровольцев появлялось во время прохождения теста на креативность — уже после того, как они покидали прибор.

В статье, опубликованной в 2015 г., Мейслесс и Шамай-Цури описывали, как на следующем этапе исследований пытались выяснить, нельзя ли напрямую усиливать или подавлять креативность с помощью ТКЭСПТ — увеличивая и уменьшая уровень активации нейронов в данных областях. Мейслесс давала испытуемым тест на «альтернативные сферы применения»: предлагалось в ходе «мозгового штурма» придумать как можно больше идей необычного использования случайно выбираемого экспериментатором предмета, скажем, карандаша. Для облегчения работы приводились и примеры творческого использования предметов: к примеру, из нескольких покрышек можно сделать импровизированный стол, гвоздь может служить насестом для птицы, а ботинком можно запустить в выступающего политика.

Исследователи обнаружили, что некоторые зоны, расположенные в левой передней части коры, похоже, подавляли активность некоторых зон, расположенных ближе к вискам и темени.

По мнению Мейслесс, именно «высвобождение» одного из ключевых участков лобной доли коры играет важную роль во

внезапном появлении творческой способности. Она полагает, что сдерживание активности этого участка — результат действия нервной цепи, охватывающей несколько участков мозга, в том числе височно-теменные зоны, на которые целенаправленно влиял Снайдер, и еще одну часть лобной доли.

Эти эксперименты, по-видимому, подтверждают гипотезу о том, что творческую способность можно «высвобождать». Но мне кажется, что большинство таких опытов не дают прямого ответа на вопрос, идет ли в таких случаях речь о каком-то объективном художественном таланте и умении. Впрочем, случай 46-летнего бухгалтера, который внезапно обрел умение рисовать трехмерные объекты, вроде бы действительно работает в пользу теории Снайдера, согласно которой «мыслительные установки» порой и в самом деле могут сдерживать проявление творческих способностей.

Есть и еще одна версия: ее выдвинула Верит Брогаард, нейропсихолог, профессор философии, руководитель Лаборатории мультисенсорных исследований Брогаард в Университете Майами. По мнению исследовательницы, когда мозговые клетки отмирают, они обильно выделяют нейротрансмиттеры, и этот поток сильнодействующих химических веществ может изменять «схему подключения» некоторых частей мозга, прокладывая новые нейронные пути в те области, которые прежде были недоступными для каких-то других областей.

«Наша гипотеза сводится к тому, что человек обладает способностями, до которых он не в состоянии добраться, — говорит Брогаард. — Мы их не осознаём, поэтому не можем ими манипулировать. А потом происходит какая-то реорганизация, в результате которой наше сознание получает доступ к информации, до этого дремавшей в нашем мозгу».

Брогаард опубликовала статью, где обсуждает результаты большого набора исследований и тестов, которым в ее лаборатории подвергли Джейсона Паджетта, того самого саванта, заявлявшего, что он обнаружил ошибку в рассчитанном специалистами числе «пи», и умеющего рисовать фракталы. Эти исследования выявили у Паджетта повреждения участков зрительной коры, участвующих в процессах детектирования движения и восприятия границ. При этом зоны в теменной области коры, связанные с восприятием новых зрительных образов, математикой и планированием действий, оказались аномально активными. По словам Брогаард, в мозгу Паджетта те области, которые стали сверхактивными, располагаются рядом с теми, которые получили повреждения, а значит, эти

сверхактивные области, вероятно, оказались на пути потока нейротрансмиттеров, порожденного гибелью большого количества мозговых клеток.

Брогаард отмечает: что касается Амато, то в старших классах он выучил кое-какие гитарные аккорды и даже играл в любительской группе. «Очевидно, что он и раньше испытывал некоторый интерес к музыке, так что его мозг, вероятно, успел бессознательно записать какие-то музыкальные фрагменты, — говорит исследовательница. — Он хранил эти мелодические воспоминания у себя в мозгу, просто не имел к ним доступа». Инцидент в бассейне каким-то образом привел к реорганизации нейронов, которая и вывела эти воспоминания на поверхность его сознания, предполагает Брогаард. Она рассчитывает проверить эту теорию, пригласив Амато к себе в лабораторию.

* * *

В погожий день, типичный для южнокалифорнийского октября, я сопровождаю Амато и его агента Мелоди Пинкертон на плоскую крышу пентхауса отеля «Шангри-Ла» — того, что в Санта-Монике. Далеко внизу выступает в океан знаменитый пирс, а Тихоокеанское шоссе жмется к береговой линии, повторяя ее контуры. Пинкертон усаживается рядом с Амато на диване, благодушно кивая и подмигивая ему с наигранно наивной улыбкой, пока рядом кружат три журналиста с портативными камерами. Они снимают материал для документального телесериала о женщинах, пытающихся добиться чего-то в Голливуде. Пинкертон — бывшая участница реалити-проекта канала VH1 «Фрэнк из шоу-бизнеса». Кроме того, в свое время она позировала для «Плейбоя». Если сериалу дадут зеленый свет, Амато будет регулярно появляться в нем — как один из ее клиентов.

«Вся моя жизнь переменилась, — рассказывал ей Амато. — Понимаете, я как бы стал жить неспешнее, чем прежде, хотя произвожу продукт с дикой скоростью, которую поймут немногие. В свое время Бетховен каждый год записывал пять сотен новых мелодий и считался довольно-таки блестящим мастером. А мне врачи говорят, что каждый год я выдаю по две с половиной тысячи пьес. Сами понимаете, я немного занятой парень».

Похоже, Амато вполне комфортно чувствует себя под камерами, несмотря на то, что работа идет напряженная. Появление в реалити-шоу станет еще одним шагом вперед в его карьере, но не каким-то огромным скачком. За прошедший десяток лет о Дереке рассказывали газеты и телепрограммы самых разных регионов планеты. Он вошел в число восьми савантов, о которых повествовал спецпроект канала Discovery под

названием «Оригинальные умы». Кроме того, канал PBS показывал его в своей программе «NOVA». Дерек появлялся в ток-шоу своего кумира Джеффа Пробста (ведущего проекта «Остаться в живых»). Он даже засветился в программе «Сегодня» канала NBC.

Настоящая музыкальная слава (и связанные с ней финансовые успехи) у него еще впереди. Свой первый альбом Дерек Амато выпустил в 2007 г. В 2008-м он выступил в Нью-Орлеане перед несколькими тысячами зрителей — вместе со знаменитым гитаристом Стэнли Джорданом, играющим в жанре джаз-фьюжн. Дерека просили написать музыку для одного независимого японского документального фильма. Но хотя музыкальные таланты Амато не устают восхищать прессу, отзывы о самой его музыке противоречивы. «Одни говорят, что это хорошо, другие — что это отлично, третьи — что это слабовато, — замечает он. — Я бы не сказал, что написал хоть что-то потрясающее. Для меня сейчас самое потрясающее — это выпавшая мне возможность поработать с другими музыкантами».

Но пока мы прогулочным шагом идем по бульвару Санта-Моника в суши-ресторан, он выглядит как нельзя более довольным. За столом он то и дело расплывается в улыбке, маниакально жестикулируя могучими руками, сплошь в татуировках-нотах, и тычет в воздух палочками для еды, чтобы подчеркнуть ту или иную свою мысль.

«Я готовлю книжку, я выступаю, играю концерты, участвую в работе всяких благотворительных фондов, — рассказывает он. — Вокруг меня вечно толкутся телевизионщики, киношники, бизнесмены и прочие. Черт, я знаю, что упустил сейчас еще полдюжины всяких занятий. Я словно сижу в самолете, который несется со скоростью девятьсот семьдесят две мили в час. И я наслаждаюсь каждой секундой этого полета!»[45].

Позже, когда я еду вместе с Амато по улицам Лос-Анджелеса, мне приходит в голову, что есть нечто типично американское в его попытках выжать всё возможное из этого инцидента (который случился, когда он приближался к сорока годам и мрачно глядел в поджидавшую его бездну под названием «Жизнь заурядного человека средних лет») и превратить себя из безвестного бизнес-тренера в коммерческий продукт, во вдохновляющий символ человеческих возможностей, чтобы его потенциальные поклонники активнее мечтали о великих свершениях. Трефферт, Снайдер и другие специалисты с большим энтузиазмом рассуждали о разгадывании тайны приобретенного синдрома саванта, о том, что когда-нибудь это может позволить всем и каждому свободно исследовать свои скрытые таланты. Дерек

Амато и ему подобные позволяют нам хотя бы начать представлять, что будет, когда этой цели удастся достичь.

Впрочем, я не могу отрицать, что порой проекты Дерека Амато кажутся если и не малодушно-трусливыми, то несколько показушными. Однажды, бездумно листая телеканалы уже после своего визита, я наткнулся на ток-шоу, передаваемое на всю страну. Там Амато выступал вместе с абсолютно глухим певцом.

Собственно говоря, во время визита мне просто хотелось услышать его самого, лично. Действительно ли это музыкальный гений? Припарковавшись на бульваре Сансет, в нескольких кварталах от легендарных музыкальных святилищ (театра «Roxy» и клуба «Viper Room»), мы с Амато направляемся в отель «Standard». Растрепанный и не слишком опрятный хипстер, говорящий с австралийским акцентом, ведет нас через вестибюль в тускло освещенный бар. В центре зала высится рояль, поблескивая клавишами из слоновой кости. На столиках — перевернутые стулья. С кухни доносится звяканье посуды. Клуб закрыт для обычных посетителей и отдан в полное наше распоряжение. Амато садится за рояль — и кажется, будто из его плеч тотчас же уходит напряжение.

Он закрывает глаза, ставит ногу на одну из педалей и начинает играть. Из рояля льется нечто ленивое, полное цветистых трелей, разбуханий и опаданий, пролетов по клавиатуре в волнах и каскадах нот: эта прилипчивая, эмоциональная мелодия больше подходит для романтической кульминации фильма вроде «Отныне и во веки веков», чем для мрачного ночного клуба, угнездившегося рядом с самым сердцем Сансет-Стрип — главного отрезка бульвара Сансет. Такие звуки совсем не вяжутся с обликом человека, чей наряд приводит на ум Брета Майклса, этого идола 80-х с его знаменитым хайратником. Амато не кажется мне обладателем особенно выдающегося таланта, редкостным савантом вроде Слепого Тома Уиггинса, чьи способности отлично смотрелись бы и у человека, который годами проходил соответствующую подготовку.

Мне показалось, что Амато каким-то образом нащупал внутри себя ту зону, к которой он прежде не имел доступа: клапан, через который из него льется музыка. Но ему, вероятно, все-таки понадобится несколько лет поизучать джазовые стандарты, прежде чем он сумеет выступать на сцене наравне с профессионалами, которых Лимб помещал в томограф.

Но сейчас, в этот момент, когда я слушаю Амато в пустом клубе, всё это кажется совершенно неважным. Есть экспрессия, есть мелодия, есть (во всяком случае, так мне представляется) несомненное мастерство. И если всё это может спонтанно

проявиться у Амато, кто знает, какой потенциал, быть может, дремлет внутри всех нас?

Тот факт, что Амато все-таки недотягивает до уровня Херби Хэнкока, Телониуса Монка или Билла Эванса, на самом деле даже приносит некоторое чувство облегчения, хоть это и может показаться странным в финале нашего долгого изучения всевозможных способов, какими наука пытается усовершенствовать человека.

Готовя материалы для книги, я часто поражался и воодушевлялся, с изумлением выясняя, каких невиданных вершин сумело достичь человечество. Но есть вещи, которые показались бы менее масштабными, сумей мы свести их к несложным математическим уравнениям или к правилам логики. Вот что говорит Лимб, этот музыкант-ученый: «Ученые не смогут разгадать тайну творчества с помощью нескольких экспериментов. Такого никогда не произойдет».

И я благодарен за это (не знаю, кому или чему). Лично мне больше нравится, когда любовь, красота, творческий гений и художественное самовыражение остаются тайной. В конце концов, именно они сильнее всего помогают нам ощущать себя людьми.

Заключение

Когда мы вошли в операционную, одиннадцатилетний мальчик уже лежал там на каталке в голубом больничном халате и пижамных штанах «Солдат Джо», расцветкой напоминающих форму бойцов, которые сражаются в джунглях. Рядом с пациентом стояли его родители. Команда анестезиологов готовилась погрузить парня в бессознательное состояние.

Ради мальчика родители стараются принять бодрый вид, улыбаются, шепчут ему ласковые слова, гладят по голове, старательно обходя выбритые участки — «точки входа» для операции на мозге, которую неделей раньше сделал ему доктор Эмад Эскандар. Но едва их ребенок, смежив веки, уплывает в царство общего наркоза, лица его родителей мучительно искажаются. Мать, сморгнув слезы, роняет голову в ладони, и медсестра успокаивающе поглаживает ее по спине, а потом деликатно выводит из помещения женщину и ее мужа.

За окнами прекрасная солнечная весна: в такой денек одиннадцатилетнему пацану полагается с воплями носиться по зеленым паркам и полям. Это лишь подчеркивает ту причину, по которой все мы стоим в ярко освещенной операционной Массачусетской больницы общего профиля. Мальчик страдает прогрессирующей формой дистонии — двигательного расстройства, заставляющего мышцы неуправляемо сокращаться: в результате тело пациента без всякого его сознательного желания скручивается в неестественные, часто болезненные положения. Запястья и ступни сами собой подгибаются, ноги окоченевают, спина изображает глубокий поклон.

По словам Эскандара, парень, лежащий на столе, успел вкусить радостей нормального детства. Но сейчас все они от него ускользают. Его ноги начали оцепеневать — как если бы мышцы у него медленно и неуклонно обращались в камень. Ему уже сейчас трудно бегать. А скоро всё будет еще хуже. Дистония не является смертельным недугом, но у детей она может приобретать острую болезненную форму, распространяясь на основные мышечные группы всего тела и иногда отправляя пациента в инвалидное кресло.

«Он просто хочет быть ребенком, — говорит Эскандар. — Его родители просто хотят, чтобы у него было обычное детство, чтобы он делал то же, что и другие дети».

Готовя эту книгу, я редко испытывал столь же сильные впечатления, как в тот день, когда я с утра до вечера следовал за Эмадом Эскандаром, выполнявшим операции. В залитых светом

операционных Массачусетской больницы я смотрел, как феномен, который я месяцами изучал, разворачивается передо мной в режиме реального времени. Именно в тот день я не раз воочию наблюдал этот поворотный момент в жизни человека, когда благодаря современным технологиям всё для него вдруг начинает меняться. Перед своим визитом я немного беспокоился, как я стану следить за реальной операцией вживую: может быть, меня начнет тошнить или я даже упаду в обморок? Но оказалось, что эти операции оказывают на меня, их непосредственного свидетеля, совершенно гипнотическое, завораживающее действие. Передо мной лежали живые, дышащие человеческие существа, они задавали вопросы, они отвечали, они улыбались — даже встречались со мной взглядом, хотя я стоял в другом конце помещения. А потом они засыпали, отдавая себя в руки Эскандара, который прямо на моих глазах вскрывал их, как механик, привычно поднимающий капот автомобиля, и принимался ковыряться в биологической аппаратуре, которая отвечает за все функции, одушевляющие это живое, дышащее, смеющееся, думающее, любящее, чувствующее, движущееся человеческое существо. В одну из таких минут я смотрел из-за плеча Эскандара, как он на несколько дюймов врезается в серое вещество мозга одной из пациенток (оно в буквальном смысле пульсировало в унисон с ее сердцем) и удаляет кусочек ткани, вызывавший трудноизлечимые припадки.

Но этот случай — случай одиннадцатилетнего мальчика — стал для меня особенным. У меня есть сын. У меня есть дочь. И я легко мог представить себе, как этот парень, который сейчас лежит передо мной на столе, бегает и резвится субботним утром в пятнистой солнечной тени. Уже после того как я вышел из операционной, мне долго виделись перепуганные лица его родителей. Мне было не по себе.

За несколько дней до операции Эскандар просверлил в темени своего юного пациента два отверстия диаметром с десятицентовую монетку и вставил электроды в его мозг (я уже видел, как он проделывает ту же процедуру, работая с больным обсессивно-компульсивным расстройством). Теперь же пришло время вшить в брюшную полость мальчика специальный контроллер, управляющий прибором, который стимулирует мозг, и затем пропустить под кожей провода, соединив их с электродами, имплантированными в мозг мальчика. Слабые электрические разряды, подаваемые время от времени, должны разрушить парализующие сигналы, ответственные за болезнь мальчика. Если всё пройдет по плану, в результате он вернется в нормальное состояние.

После ухода родителей пациента медсестры прикрепляют куски материи на тело мальчика, а затем оборачивают в пластик обнаженную кожу над материей, чтобы собирать вытекающую кровь. Маркерами они отмечают места будущих разрезов. Самый большой крест — пониже живота мальчика, слева. Именно здесь Эскандар делает свой первый маленький надрез скальпелем. А я за этим наблюдаю.

Эскандар рассказал мне, что в Лаборатории Дрейпера сейчас разрабатывают новое устройство для прямой стимуляции мозга, которое скоро, возможно, сделает ненужной эту часть процедуры. (Мы об этом уже упоминали.) Миниатюрный «хаб» [«центр обработки информации!»] размером меньше мобильного телефона будет, не стесняя движений пациента, плотно прилегать к его темени и соединяться с титановыми «спутниками», введенными в отверстия размером с десятицентовую монетку, проделанные в пяти различных участках темени. Эти спутники будут напрямую взаимодействовать с электродами, имплантированными в мозг. Вскоре все это зарастет волосами, и вы даже не будете знать, что человек носит такой прибор.

Но пока эта технология еще не готова к практическому применению. Так что Эскандар, встав перед лотком с поблескивающими инструментами, выбирает длинный металлический штырь с изогнутым концом. Вставив его в разрез, сделанный в районе брюшной полости мальчика, он проталкивает стержень под кожей в сторону грудной клетки, проделывая туннель в фасции спящего — слое ткани между кожей и мышцами. Так он доходит до плеча. Через этот проход хирург планирует пропустить те провода, которые соединятся с электродами мозга.

«Немного варварская процедура, — говорит мне Эскандар, не прекращая работать. — Но это лучше, чем делать разрез снизу доверху».

Мне снова ясно виден парадокс, с которым я часто сталкивался в ходе подготовки книги, просто я никогда прежде не наблюдал его так близко и он не был подан мне с такой эмоциональной силой. Биотехнологическая революция позволяет осуществлять удивительные чудеса трансформации и преображения, но в каких-то отношениях новые технологии остаются чрезвычайно примитивными — настолько примитивными, что один из хирургов, применяющих эти методики, вынужден называть один из этапов своей работы «варварским». Настолько примитивными, что наблюдатель может скривиться он брезгливого недоумения. Да, несмотря на все наши достижения, словно сошедшие со страниц научно-фантастических

романов, мы по-прежнему делаем на этом пути лишь первые шаги — во многих смыслах. Мы словно бы еще находимся в той эпохе, когда с конвейеров скатывались первые «форды-Т», когда только-только появились компьютерные дискеты, кассеты с восемью дорожками и т. п.

Однако нет почти никаких сомнений, что Рубикон перейден и блестящие обещания этой биомедицинской революции наконец-то начинают сбываться. Теперь это уже не просто шумиха и праздные рассуждения. Теперь это реальность.

На протяжении всей книги мы встречались с учеными, которые занимаются восстановлением человеческого тела и сознания вплоть до их мельчайших компонентов, изучая их с помощью приборов такой разрешающей способности, которая была бы совершенно невозможна раньше, а затем используя полученные знания для того, чтобы отстраивать утраченное или как-то еще изменять нас. Столь глубинное преобразование людских жизней было бы немыслимо всего несколько лет назад. Мальчик, лежащий на каталке, снова сможет бегать. После операции, которую ему сейчас делает Эскандар, области его мозга, дающие неверные импульсы и заставляющие мышцы мальчика мучительно сокращаться, в течение нескольких месяцев медленно ослабят свою неумолимую хватку. Скрюченные конечности вновь развернутся, и ковыляние, напоминающее походку паралитика, сменится уверенной поступью. Есть все основания полагать, что сейчас, когда я пишу зто, мальчик уже снова стал «обычным» ребенком, что он снова может играть в салки со сверстниками, бороться, кататься на коньках, ходить на лыжах — практически позабыв о своей болезни.

Технология сделала свободным и Хью Герра. В первые дни после несчастного случая его терзали сны о том, как он бегает по кукурузным полям возле родительского дома в Пенсильвании, — и потом он просыпался, видя и чувствуя культи ног, осознавая жестокую правду: скорее всего, он больше никогда не сможет бегать. Сегодня Герр взбирается на итальянские Доломитовые Альпы и совершает пробежки вокруг пруда Уолден. И он снова ходит — по-настоящему ходит.

Благодаря «волшебному порошку», с которым работал Стив Бадилак, удалось сохранить ногу Янси Моралесу, а у Мерседес Сото по-прежнему две ступни. Врачи сумели обойтись без ампутации, обратившись к регенеративным ресурсам их организма и вызвав самоисцеление, какого было бы невозможно добиться в былые времена.

Метод глубокого сканирования мозга позволил Лисе Мёрфи, от чудовищной депрессии не вылезавшей из постели, снова

подняться на ноги и влиться в окружающий мир — стать матерью и вновь открыть для себя счастье. Ослепшая Пэт Флетчер может смотреть — и «видеть» горы с помощью собственных ушей.

Ли Суини пока не поборол до конца ни мышечную атрофию, ни старческую хрупкость. Но в странах Запади уже начинают получать официальное одобрение первые методики генной терапии, направленные на лечение этих и многих иных недугов. Наши знания о человеческом геноме и о том, как им манипулировать, похоже, растут с каждым месяцем.

Конечно, нам предстоит еще долгий путь. Я лишний раз убедился в этом в операционной Массачусетской больницы, когда Эмад Эскандар, повернувшись ко мне с металлическим штырем в руке, пожаловался на жестокость процедуры, которую ему предстоит сейчас проделать. Я убеждался в этом и на других примерах. Дэвид Джейн чуть не погиб, когда вызвался подвергнуться экспериментальной операции, сулившей ему возможность снова общаться с окружающими — посредством экспериментальных электродов. Фил

Кеннеди, невролог, который их изобрел, сам попал в палату неотложной помощи, после того как самоотверженно (или безрассудно — как посмотреть) добился, чтобы их вживили в его собственный череп. Мы пока не особенно приблизились к отысканию метода излечения болезни Альцгеймера или старческой потери памяти.

Даже искусственные ноги Хью Герра далеки от совершенства. Лишь когда ученые поймут, как напрямую соединять их с его нервной системой и позволить сенсорным откликам течь в обратном направлении, он обретет конечности, которые будут действовать сколько-нибудь похоже на настоящие — с их точностью движений, проявляемой каждую секунду.

И хотя в лабораториях удается добиться совершенно потрясающих достижений при помощи нейрокомпьютерных интерфейсов (подопытная мартышка управляет инвалидным креслом исключительно силой мысли, а женщина с парализованными руками и ногами, тоже силой мысли, управляет бионической конечностью, которая подносит ей ко рту стакан молока), Джонатан Уолпоу, наставник Гервина Шалька, вероятно, наиболее ярко описал нынешние ограничения, присущие таким технологиям. (Мы уже приводили эту цитату.) Да, эти изобретения хороши, однако пока недостаточно хороши, чтобы полагаться на них в условиях реального мира, реальной жизни.

«Сейчас еще не существует нейрокомпьютерного интерфейса, который вы захотели бы использовать для управления инвалидным креслом на краю обрыва или для того, чтобы вести

машину в плотном потоке, — отметил Уолпоу. — А пока такого не произошло, использование подобных приборов будет очень ограниченным».

Но есть все основания полагать, что рано или поздно такое произойдет. Вероятно, это всего лишь вопрос времени. Хью Герр явно считает именно так.

Сейчас Герр совместно с Робертом Лэнджером, пионером регенеративной медицины, и нейрофизиологом Эдом Бойденом запускает новый проект — «Центр экстремальной бионики». Проект, по словам его создателей, должен затронуть ни много ни мало половину жителей Земли, страдающих «какой-либо формой физической или неврологической инвалидности».

«Сегодня мы признаём и даже "принимаем" серьезные физические и психические увечья как нечто неизбежное для людей, — говорится в их проспекте. — Но должны ли эти отклонения приниматься как должное? Что, если благодаря изобретению и внедрению новых технологий мы сумеем контролировать биологические процессы, идущие внутри организма, чтобы восстанавливать поврежденное при этих недугах или даже вообще избавлять от них человечество? Что, если люди вообще забудут о том, что такое инвалидность?»

Планы Гервина Шалька еще амбициознее. Для него проект по расшифровке внутренней речи (а также многих других мозговых сигналов) — не самоцель, а лишь веха на пути к более грандиозному конечному пункту. Шальк убежден: в недалеком будущем мы сможем безболезненно сплавить человеческий разум (точнее, даже разум всего человечества) с компьютерами, что откроет перед нами безбрежные новые возможности — скажем, мгновенно решать сложные уравнения, мгновенно выполнять громоздкие вычисления (простой пример — извлечение квадратного корня из числа вроде 369 007 892 622) или иметь мгновенный доступ к любому факту, содержащемуся во Всемирной сети, позволяющий вам добывать эти факты так же легко, как вы вспоминаете, что ели на обед час назад.

«По сути, вы станете частью машины, — заманивает Шальк. — Вам больше не нужно будет набирать тексты на клавиатуре. Для общения вам нужно будет только думать. У вас будет мгновенный и совершенно беспрепятственный доступ ко всей информации, которую можно отыскать при помощи Google».

Собственно, вы обретете доступ ко всему миру, к коллективному разуму всех, кто окажется подключен в данный момент к этой новой Всемирной сети. При этом к вашим услугам будут вычислительные мощности всех компьютеров, объединенных в эту глобальную систему.

«Сейчас примерно так связан между собой миллиард человек. Но пока нет таких соцсетей, где даже без слов мир и так будет знать, кто вы, чего хотите, что планируете, верно? — говорит Шальк. — И внезапно вы создаете такое вот суперобщество. Это совершенно изменит не только человеческие возможности, но и сами наши представления о том, что это значит — быть человеком, что это значит — быть обществом. Это совершенно изменит почти все черты человечества».

«Пока, — добавляет он, — речь идет лишь о самых первых, совершенно архаичных шагах в этом направлении».

Да, от этого видения захватывает дух. Оно столь фантастично, что, если поставить его рядом с кое-какими другими технологиями, обсуждаемыми в этой книге, легко впасть в некоторое беспокойство. Нетрудно вообразить себе эдакую антиутопию. Голливуд явно предоставляет параноикам, технофобам и просто осторожным людям массу поводов для беспокойства. Что, если какой-нибудь хакер вторгнется в этот коллективный разум и захватит над ним власть? Что, если бионика Хью Герра в. конце концов приведет к созданию злобных робокопов или терминаторов, рвущихся истребить всех нас своими холодными металлическими руками? Движемся ли мы к евгеническому обществу, где генетически модифицированная суперраса сверхлюдей наслаждается жизнью в мраморных дворцах, а несовершенные массы моют им полы и унитазы? Может ли «мыслительный шлем» Элмера Шмайссера использоваться тоталитарными властями, чтобы отслеживать наши помыслы и безмолвные протесты? Не станут ли изыскания Эмада Эскандара в области глубокой стимуляции мозга применяться для осуществления контроля над мыслями?

Это вполне оправданные вопросы, и вполне допустимы дискуссии о том, какие меры нам следует принять, чтобы обезопасить себя от подобного развития событий. Но мне кажется, что я упущу главное, если в этом финальном рассуждении увлекусь апокалиптическими сценариями, столь популярными у голливудских режиссеров (и неважно, считаете ли вы такие сценарии просто стремлением пощекотать нервы зрителю, или чем-то правдоподобным и страшно интересным), или даже оптимистическими прогнозами таких ученых, как Шальк.

Опасения, что правительство станет читать наши мысли, меня не сильно тревожили, когда я знакомился с историей Дэвида Джейна, который, будучи парализован и лишившись способности говорить, использует современные технологии, чтобы смешить своих двух детей за обеденным столом и

рассказывать им, как он их любит. Или с историей ослепшей Пэт Флетчер, которая стоит посреди пустыни и плачет, потому что снова может «видеть» горы — с помощью собственных ушей. Для меня страхи насчет того, что в отдаленном будущем может появиться исчезающе малая возможность создания терминатора, меркнут на фоне зрелища Хью Герра, бодро наматывающего круги вокруг пруда Уолден на своих протезах, специально приспособленных для бега.

Снова и снова я обнаруживал, что обращаю главное внимание на то, что казалось мне наиболее влиятельными идеями и наиболее перспективными сферами применения, связанными с этими технологиями. Эти истории остались со мной. Все они — о том, благодаря чему меня и заинтересовала биоинженерия: об этой способности заново дать людям, которые их утратили, те вещи, которые позволяют нам проявлять свою человеческую сущность и общаться с миром и окружающими. Эти возможности позволяют человеческим существам принять жизнь с распростертыми объятиями. Они позволяют двигаться — протягивать руки в мир и изменять его, исследовать его, танцевать с любимыми, взбираться на отвесную скалу. Они позволяют чувствовать — дотягиваться до детей и родителей, касаться их, говорить им, что мы их любим, любоваться закатом. Они позволяют думать — творить, переживать эмоции, вспоминать хорошие времена, скорбеть.

Я не очень-то верю, что технология когда-нибудь изменит нас фундаментальным образом. В итоге я пришел к выводу, который совпадает с уроком, полученным Хью Герром в самом начале своего нелегкого пути. Поначалу он испытал чувство освобождения, осознав, что может делать себе ноги любых форм и размеров: его устройствам совершенно не обязательно было походить на человеческие конечности. Но позже он с неизбежностью вернулся к тонким и изощренным природным решениям, отточенным эволюцией, которая шла на протяжении миллиардов лет. Он осознал, что наиболее эффективные и изящные решения проблем, которые перед ним встали, уже существуют. Он понял: нужно заняться восстановлением человеческого тела, чтобы понять, как оно работает. Лишь затем он сможет выстроить это тело заново.

Может быть, когда-нибудь у нас появится реальная возможность сделать выбор и мгновенно стать сильнее, принять таблетку, искусственным образом улучшающую память, обрести способность телепатически общаться или видеть в темноте. Может быть, мы вольемся в коллективный разум. Но потребуется куда больше трансформаций, чтобы изменить саму нашу

человеческую суть, то, что делает нас счастливыми. Проводя свои изыскания, я не заметил никаких признаков того, что сейчас все мы приблизились к преображению этой глубинной духовной основы человека.

Если в этой книге и содержится некое послание, то оно проникнуто оптимизмом. Все эти новые технологии не следует воспринимать с ужасом или относиться к ним просто как к инструментам для трансформации человека и расширения его природных возможностей. В обозримом будущем любые усилия по такому расширению отнюдь не станут чем-то главным для нас. Важнее всего совершенствование наших человеческих качеств — нашей способности совершать то, что в конечном счете и делает нашу жизнь осмысленной и стоящей того, чтобы ее прожить.

Благодарности

Мне было бы нечего поместить в эту книгу, если бы не множество людей, которые очень щедро и терпеливо уделяли мне время, разъясняя тонкости своих исследований, отвечая на мои бесконечные вопросы, делясь со мной историей своей жизни. Я чрезвычайно признателен всем, кто упомянут в тексте. Этот проект никогда бы не осуществился без моего агента, Эрика Лапфера из WME, который первым предложил мне эту идею. Он руководил мною в процессе написания заявки и постоянно обеспечивал меня обратной связью и поощрительными замечаниями, пока книга росла.

Но главное — благодаря усилиям Эрика я получил возможность поработать даже не с одним, а с двумя едва ли не самыми умными и талантливыми редакторами, с какими только может надеяться поработать автор: Денизой Освальд и Хилари Редмонд из Ессо. Без их помощи эта книга была бы гораздо хуже. Хилари сразу распознала таящийся в ней потенциал и на раннем этапе работы снабжала меня ценными замечаниями и предложениями. Когда она ушла из Ессо, Дениза стала ее умелой преемницей в роли моего редактора и помогла довести рукопись до следующей стадии.

Я также хотел бы сказать спасибо Эмме Джанаски (за ее помощь и терпение) и Тому Питоняку (который проделал великолепную корректорскую работу), а также Эшли Гарланд, Мириам Паркер и остальным сотрудникам Ессо, принимавшим участие в подготовке книги. Мне повезло: я сумел воспользоваться услугами Сары Харрисон Смит, которая провела фактчекинг некоторых частей рукописи.

В последние годы я имел честь многому научиться у целого ряда замечательных журнальных редакторов. Фред Гутерль — мой гуру по части написания научно-популярных текстов, благосклонный редактор и просто хороший человек: мне очень повезло, что я с ним познакомился. Именно он в свое время заказал мне первые в моей жизни тексты о науке (для Newsweek), а позже дал зеленый свет моей первой статье о проекте Хью Герра (с этой статьи всё и началось). Вот некоторые другие журналисты, поручавшие мне статьи, из которых я черпал вдохновение и материал: Пэм Вайнтрауб, Николь Дайер, Кори Пауэлл, Кевин Бергер, Бриджет О'Брайен, Дэвид Крейг, Дженни Бого, Клифф Рэнсом, Дэвид Ротмен, Антонио Регаладо и Брайан Бергштейн.

Готовя эту книгу, я часто обращался за откликом к двум едва ли не самым терпеливым, умным и вообще замечательным

женщинам из всех, которых я знаю: к моей чудесной жене Саре Диас и к моей матери Нэнси Клайн Пиорей, настоящей святой. Именно моя мать, весьма квалифицированный — и постоянно публикующийся — писатель, когда-то познакомила меня с волшебством и красотой написанного слова. Писание книг всегда было ее страстью. Но за последние год-два она бесчисленное количество раз с готовностью откладывала свою работу, когда я звонил ей в ее маленький домик-студию на вершине холма в Вудстоке (штат Нью-Йорк). Без всяких жалоб она терпеливо выслушивала меня и тут же давала мне советы насчет главы, над которой мне довелось работать в этот день. Ее щедрость не знает границ.

Моей жене Саре не помогло бы даже отключение телефона: вход в ее кабинет — в том же коридоре, что и вход в мой. К третьей главе она могла бы с полным правом потребовать, чтобы мы отправились к консультанту по брачным проблемам. Но она лишь улыбалась (не всегда, но почти всегда) и говорила мне свое мнение об очередном куске: «вроде бы хорошо» или «вроде бы не очень».

На всем протяжении моей работы над этим проектом мой отец, Майкл Пиорей, снабжал меня ценными наставлениями, отзывами и другой помощью. Многие другие люди оказали мне любезность, ознакомившись с этой книгой, полностью или частично, на разных стадиях ее написания. Мне особенно хочется выразить признательность Алексису Герберу за чтение рукописи и неоценимые отзывы и поощрительные замечания (не говоря уж о том, что много лет назад именно он взял меня на работу моей мечты — в журнал Newsweek). Ценнейшие отзывы мне давали также Джо Онек, Уильям Меслер, Брэд Стоун, Джошуа Вулф Шенк, Мэри Кармайкл и Николь Дайер. Кроме того, мне хотелось бы поблагодарить Криса Дешера.

Наконец, хочу от всей души поблагодарить мою сестру Ану, которая постоянно ободряла меня на этом пути, и моих детей Маркуса и Наталью — за все эти моменты, когда наш хохот вновь наполнял меня энергией. Все вы каждый день напоминаете мне о том, что по-настоящему важно.

Примечания

Введение

Эта дисциплина возникла во многом как реакция… Kendra Cherry. What Is Humanistic Psychology? // VeryWell, updated April 26, 2016, https://www.verywell.com/what-is-humanistic-psychology-2795242.

…писал Маслоу в 1968 г. Abraham Maslow. Toward a Psychology of Being. New York: Van Nostrand, 1962. 5.

«*…технология поразила медицину, словно разряд молнии*». John D. Enderle and Joseph D. Bronzino. Introduction to Biomedical Engineering. Amsterdam and Boston: Elsevier, 2012. 15.

…в недавнем докладе, подготовленном для Европарламента… C. Coenen, M. Schuijf, M. Smits, P. Klaassen, L. Hennen, M. Rader, et al. Human Enhancement Study, project commissioned Ьу the European Parliament, Directorate General for internal policies, Policy Dept. A: Economic and Scientific Policy Science and Technology Options Assessments, 2009, 6, accessed May 28, 2016, https://www.itas.kit.edu/downloads/ etag_coua09a.pdf.

«*Изначальная цель медицины — исцелять больных…*». Francis Fukuyama. Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution. New York, Picador, 2002. 208.

Глава 1

Уже начинал идти снег… Alison Osius. Second Ascent: The Story of Hugh Herr. Harrisburg, PA: Stackpole Books, 1991. 53.

Они несколько месяцев планировали этот поход… Там же, 48.

Но когда они прибыли к подножию… Там же, 53–54.

Герр нацелился на Супертрещину… Там же, 27–36.

Затем он соорудил у себя в сарае… Хью Герр в беседе с автором, Кембридж (штат Массачусетс), январь 2014.

— Хочешь попробовать дойти до вершины? Osius. Second Ascent. 55–57.

Повернув обратно, они очутились… Герр в беседе с автором, 2014; Джефф Батцер в телефонной беседе с автором, зима 2016.

Оказавшись у себя дома, в Пенсильвании… Adam Piore. The

Bionic Man Who Builds Bionic People // Discover Magazine. November 2010, accessed May 25, 2016, http://discover-magazine.com/2010/nov/25-bionic-man-who-builds-people.

Герр залез на кресло… Osius. Second Ascent. 118.

«Для меня казалось куда более естественным…». Piore. The Bionic Man.

Гостнян, в свое время служивший авиамехаником… Osius. Second Ascent. 194-96.

И тогда исследователь выдвинул революционную гипотезу… G. A. Cavagna, F. P. Saibene, and R. Margaria. Mechanical Work in Running // Journal of Applied Physiology. 19, no. 2 (March 1964): 249–256.

В итоге Хеглунд, Каванья и Чарльз Ричард Тейлор… Giovanni A. Cavagna, Norman C. Heglund, and Richard Taylor. Mechanical Work in Terrestrial Locomotion: Two Basic Mechanisms for Minimizing Energy Expenditure // American Journal of Physiology. 233, no. 5 (November 1977): R243-261.

…совершать микропрыжки на более значительные расстояния. P. G. Weyand et al. Faster Top Running Speeds Are Achieved with Greater Ground Forces Not More Rapid Leg Movements // Journal of Applied Physiology. 89, no. 5 (November 2000): 1991–1999.

Герр внимательно изучил работы… D. P. Ferris, M. Louie, and C. T. Farley. Running in the Real World: Adjusting Leg Stiffness for Different Surfaces // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 265 (1998): 989–994.

В 60-е годы ученые показали, что блоха способна… H. C. Bennet-Clark and E. C. A. Lucey. The Jump of the Flea: A Study of the Energetics and a Model of the Mechanism // Journal of Experimental Biology. 47, no. 1 (1967): 59–76.

Сэмюэл Ау, главный из герровских аспирантов, занимавшихся этим проектом… Piore. The Bionic Man.

Уже как минимум в 1890 г… Hugh Herr. Exoskeletons and Orthoses: Classification, Design Challenges, and Future Directions // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 6, no. 1 (2009): 21.

В мае 2014 г… Erico Guizzo. Dean Kamen's 'Luke Arm' Prosthesis Receives FDA Approval // IEEE Spectrum. May 13, 2014, accessed May 25, 2016, http://spectrum.ieee.org/ automaton/biomedical/ bionics/dean-kamen-1uke-arm-prosthesis-receives-fda-approval.

В 2014 г. он объявил, что создал… Luke M., Mooney, Elliott J. Rouse, and Hugh M. Herr. Autonomous Exoskeleton Reduces Metabolic Cost of Human Walking During Load Carriage // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 11 (2014): 80.

…вцепился в них железной хваткой… Jeff Alexander. Mighty Mite: Rare Condition Gives Boy Incredible Strength // Muskegon (Michigan) Chronicle. May 20, 2007, lA.

«Он просто висел так…». Нил Хёкстра в телефонной беседе с автором, май 2014.

…обнаружили мутацию у еще одного ребенка… Markus Schuelke, M. D., et a1. Myostatin Mutation Associated with Gross Muscle Hypertrophy in a Child // New England Journal of Medicine. 350 (2004): 2682–2688, doi:10.1056/NEJ-Moa040933.

…его мать, также обладающая аномалией в этом гене… David Epstein. The Sports Gene: Inside the Science of Extraordinary Athletic Performance. New York: Current, 2013. 103.

А дед мальчика… Там же, 101.

С помощью генной инженерии Суини получил… L. T. Bish et a1. Long-Term Systemic Myostatin Inhibition via Liver-Targeted Gene Transfer in Golden Retriever Muscular Dystrophy // Human Gene Therapy. 22, по. 11 (December 2011): 1499–1509, doi:10.1089/hum.2011.102.

…доля быстрых волокон в икроножных мышцах олимпийских спринтеров… Epstein. The Sports Gene. 110; Jane E. Brody. Muscle Twitches Underlie Athletic Prowess // New York Times. August 12, 1980, Cl; Judith R. Zierath and John A. Hawley. Skeletal Muscle Fiber Type: Influence on Contractile and Metabolic Properties // PLoS Biology. 2, no. 10 (October 2004): e348, doi:l0.1371/journal.pbio.0020348.

К началу 80-х годов Луис М. Кункель… Victor McElheny. The Gene Hunter: Louis Kunkel's 30-Year Quest to Diagnose and Cure Muscular Dystrophy // Harvard Magazine. March-April 2011, accessed May 25, 2016, http://harvardmagazine. com/2011/03/the-gene-hunter.

В конце 60-х — начале 70-х исследователи из Университета Джонса Хопкинса… Richard J. Roberts. How Restriction Enzymes Became the Workhorses of Molecular Biology // PNAS. 102, no. 17 (2005): 5905-08, accessed May 25, 2016, http://www.pnas.org/content/102/l7/5905.fulryo 3F-sid% 3D0ea62490-1689-49cb-915d-c4f482705ed9.

В 1972 г. биологи Теодор Фридман и Ричард Роблин… T. Friedmann and R. Roblin. Gene Therapy for Human Genetic Disease? // Science. March 3, 1972, 949–955, accessed May 25, 2016, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5061866.

…технологию редактирования генов под названием CRISPR.

Heidi Ledford. CRISPR, the Disruptor // Nature. June 4, 2015, 20–24, accessed May 25, 2005, http://www.nature.com/news/crispr-the-disruptor-1.17673 #/rise.

Методика позволяет даже лаборантам… Susan Young. Genome Surgery // MIT Technology Review. March/April 2014, accessed May 25, 2016, http://www.technologyreview. com/review/524451 /genome-surgery/.

…модификации можно осуществлять сравнительно быстро… Ledford. CRISPR, the Disruptor.

В 1990 г. группа… Gene Therapy a Revolution, Timeline // National Institutes of Health, accessed May 25, 2016, https://history.nih.gov/exhibits/genetics/sect4.htm.

…под руководством У. Френча Андерсона… R. M. Blaese et al. T Lymphocyte-Directed Gene Therapy for ADA-SCID: Initial Trial Results after 4 Years // Science. October 20, 1995, 475–480.

…лечила четырехлетнюю девочку… Jennifer Kahn. Molest Conviction Unravels Gene Pioneer's Life // Wired. September 25, 2007, accessed May 27, 2016, http://www.wired. com/2007/09/f-anderson/.

Время шло, и ее больные клетки продолжали… Джеймс М. Уилсон в телефонной беседе с автором, апрель 2014; James M. Wilson. The History and Promise of Gene Therapy: A Scientist's View from the Front Lines of Basic and Applied Clinical Research // Genetic Engineering & Biotechnology News. 31, no. 17 (October 1, 2011), accessed May 25, 2016, h ttp://www.genengnews.com/gen-articles/the-history-and-promise-of-gene-therapy/3836/.

Один из коллег Суини… Уилсон в телефонной беседе с автором, апрель 2014.

…смертельно опасная концентрация «плохого» холестерина. Carl Zimmer. Gene Therapy Emerges from Disgrace to Be the Next Big Thing, Again // Wired. August 13, 2013, accessed May 25, 2016, http://www.wired.com/2013/08/the-fall-and-rise-of-gene-therapy-2/.

Пять дней спустя Уилсону позвонили… Уилсон в телефонной беседе с автором, апрель 2014; Zimmer. Gene Therapy Emerges from Disgrace.

…дает 600 гигаоснований информации… Dr. Bicheng Yang, BGI director of communication and public engagement; Scott C. Edmunds, executive editor of BGI Shenzhen's GigaScience; Rena Lam, BGI Health, в беседах с автором в Гонконге и Шэньчжэне, июнь 2014.

…заставляет предположить, что анаболические стероиды могут негативно действовать и на способность сердца… Anabolic Steroids May Weaken the Heart // WebMD, http://www.webmd.com/ftness-exercise/20100427/anabolic-steroids-may-weaken-the-heart?page=2.

…обследуя мышей постарше. E. R. Barton-Davis, D. I. Shotiirma, A. Musaro, N. Rosenthal, and H. L. Sweeney. Viral Mediated Expression of Insulin-Like Growth Factor I Blocks the Aging-Related Loss of Skeletal Muscle Function // PNAS. 95, по. 26 (1998):15603-15607.

«Г.Л.С. посвящает эту работу…». Там же.

…эта технология — мечта лентяя. Kathleen Fackelrnann. Muscle Strength Restored in Mice Treatment Might СошЬat Aging // USA Today. December 15, 1998, lD.

…прошло уже больше трех лет… E. M. Swift and Don Yaeger. Man or Mouse // Guardian. September 2, 2001, accessed May 25, 2016 https://www.theguardian.com/sport/2001/ sep/02/ medicalscience.highereducation.

«…сила, выносливость и способность состязаться, преодолевая болевой порог». Chris Cooper. Run, Swim, Throw, Cheat: The Science Behind Drugs in Sport. Oxford: Oxford University Press, 2012. 29.

В начале 2000-х группа британских генетиков… Nicholas Wade. Gene That Governs Pain Perception 1s Found // New York Times. December 14, 2007, 32; Epstein. The Sports Gene. 261.

В 1961 г. Хьюз синтезировал новое вещество… Ашу Shipley. Drug Testers Have Designs on New Steroid // Washington Post. March 8, 2003, D0l; Гордон Хьюз в телефонной беседе с автором, осень 2011.

В начале 90-х этот 24-летний лаборант… Adam Piore. Juicers, Trippers, and Crocodiles: The Dangerous World of Underground Chemistry // Discover Magazine. March 2012, accessed May 26, 2016, http://discovermagazine.com/2012/mar/08-juicers-trippers-crocodiles-dangerous-under-ground-chemistry.

Как выяснили Ли и его аспиранты, роль миостатина… Alexandra C. McPherron, Ann M. Lawler, and Se-Jin Lee. Regulation of Skeletal Muscle Mass in Mice Ьy a New TGF-p Superfamily Member // Nature. 387 (1997): 83–90.

…породы супермускулистых коров под названием «бель гийская голубая». Александра Макферрон в телефонной беседе с автором, апрель 2015; Epstein. The Sports Gene.

В 2004 г. эти два исследователя совместно с несколькими другими опубликовали… Markus Schuelke et al. Gross Muscle Hypertrophy in a Child Associated with a Myostatin (GDF-8) Mutation // New England Journal of Medicine. 350 (2004): 2682–2688.

…выводить собак и с другими мутациями… Antonio Regalado. First Gene-Edited Dogs Reported in China // MIT Technology Review. October 19, 2015, accessed May 25, 2016, https://www.technologyreview.com/sZ542616/first-gene-editecl-dogs-reported-in-china/.

Глава 3

Всё началось постепенно… Adam Piore. How Pig Guts Bp — саше the Next Bright Hope for Regenerating Human Limbs // Discover Magazine. July-August 2011, accessed May 25, 2016, http://discovermagazine.com/2011/jul-aug/13-how-pigguts-became-hope-regenerating-human-limbs.

XVIII в. эти явления… Andrew Pollack. Missing Limb? Salamander May Have Answer // New York Times. September 24, 2002, accessed May 27, 2016, http://www.nytimes.com/2002/09/24/science/missing-limb-salamander-may-have-answer.litml?pagewanted=all&src=pm.

… (от греческих слов, означающих «распухшее чудовище»). Ann B. Parson. The Proteus Effect: Stem Cells and Their Promise for Medicine. Washington, DC: Joseph Henry Press, 2004. 26–27.

… иногда они возникают в шее, сердце… Там же.

«Они не доверяли результатам, которые я получал…». Piore. How Pig Guts Became the Next Bright Hope.

В апреле 1960 г., воскресным утром… Parson. The Proteus Effect. 54–63.

В нашей кровеносной системе 25 трлн одних только эритроцитов… Там же, 48.

…когда в то тихое воскресное утро Маккаллох ехал… Там же, 54–63.

Вперившись в окуляр микроскопа лос-анджелесского хирурга… Piore. How Pig Guts Became the Next Bright Hope.

Ряд исследований показывает: одна из причин, по которым миостатин… F. Mourkioti et al. IGF-1, Inflammation and Stem Cells: Interactions During Muscle Regeneration // Trends in Immunology. 10 (2005): 535-42, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16109502.

А вот IGF-1… наоборот, способствует активной работе стволовых клеток. B. Imberti et al. Insulin-Like Growth Factor-1 Sustains Stem Cell Mediated Renal Repair // Journal of the American Society of Nephrology. 18, no. 11 (2007): 292129-28, http://jasn.asnjournals.org/content/18/ll/2921. full.

В 80-е годы, примерно в то время, когда… Adam Piore. Hearts & Bones: Gordana Vunjak-Novakovic Is at the Forefront of Regenerative Medicine // Columbia. Spring 2012, accessed May 25, 2016, http://magazine.columbia.edu/features/ spring-2012/hearts-bones.

Этот же урок Бадилак в конце концов усвоит… Лаура

Никласон в беседе с автором, Нью-Хейвен (штат Коннектикут), май 2014.

По словам Вуньяк-Новакович, контролирование характеристик среды… Piore. Hearts & Bones.

Вуньяк-Новакович… сейчас тоже занимается разработкой методов регенерации легких. Вуньяк-Новакович в беседе с автором, Нью-Йорк, май 2014.

…растущий список публикаций Бадилака… Piore. How Pig.Guts Became the Next Bright Hope.

Глава 4

…пройти тестирование в Гарвардской медицинской школе. A. Amedi et al. Shape Conveyed by Visual-to-Auditory Sensory Substitution Activates the Lateral Occipital Complex // Nature Neuroscience, published online May 21, 2007, accessed online May 27, 2016, http://brain.huji.ac.il/publications/Amedi_at_al_v0ICe_Nature_Neuroscience07.pdf, doi:10.1038/nn1912.

«Мы видим мозгом, а не глазами…». Sandra Blakeslee. New Tools to Help Patients Reclaim Damaged Senses // New York Times. November 23, 2004, Fl.

…в тесной грязноватой комнатушке без окон… David H. Hubel. Evolution of Ideas on the Primary Visual Cortex, 1955–1978: A Biased Historical Account. Nobel lecture presented December 8, 1981, Stockholm, Sweden, accessed May 27, 2016 http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1981/wiesel-lecture.pdf.

…в книге Мигеля Николелиса… Miguel Nicolelis. Beyond Boundaries: The New Neuroscience of Connecting Brains with Machines — and How It Will Change Our Lives. New York: St. Martin's Press, 2011. 7.

…какова в реальности функциональная организация этой многомиллиардной армии рабочих клеток… Alyssa A. Botelho. David H. Hubel, Nobel Prize-Winning Neuroscientist, Dies at 87 // Washington Post. September 23, 2013, accessed May 27, 2016, https://www.washingtonpost.com/local/obituaries/david-h-hubel-nobel-prize-winning-neuroscientist-dies-at-87/2013/09/23/5a227c2c-7167-11e2-ac36-3d8d9dcaa2e2_story.html

…(для них это служило сигналом, что пора бы закругляться). Hubel, Nobel lecture.

…красоток из журнальной рекламы. Botelho. David H. Hubel.

…Давид Оттосон… объявляя в 1981 г… David Ottoson. Award Ceremony Speech. 1981, Nobelprize.org, accessedMay 27, 2016, http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1981/presentation-speech.html.

…наиболее ярко этот принцип сформулировала в начале 70-х Карла Шац… Carla Shatz. The Developing Brain // Scientific American. September 1, 1992; Карла Шац в телефонной беседе с автором, март 2015.

…ряд экспериментов, которые очень пошатнули его мировоззрение. Michael Merzenich, Ph. D. Soft-Wired: How the New Science of Brain Plasticity Сап Change Your Life. San Francisco: Parnassus, 2013. 18–19.

…он вместе с коллегами изучал странное явление… R. M. Paul et al. Representation of Slowly and Rapidly Adapting Cutaneous Mechanoreceptors of the Hand in Brodmann' s Area 3 and 1 of Macaca mulatta // Brain Research. 36 (1972): 229–249.

…если дотронуться до среднего пальца… Norman Doidge, M.D. The Brain That Changes Itself: Stories of Personal Triumph from the Frontiers of Brain Science. New York: Penguin, 2007. 53–55.

«…изящные, утонченные узоры импульсов…». Merzenich. Soft-Wired. 23–28.

…Паскаль-Леоне с большим интересом следил за исследованиями Майка Мерценича. Sharon Begley. Train Your Mind, Change Your Brain: How a New Science Reveals Our Extraordinary Potential to Transform Ourselves. New York: Ballantine, 2007. 85–86.

…Мерценич вместе с Джоном Каасом из Университета Вандербильта… Там же, 32–38.

…выяснить, не изменилось ли там что-нибудь. M. M. Merzenich et al. Topographic Reorganization of Somatosensory Cortical Areas 3Ь and 1 in Adult Monkeys Following Restricted Differentiation // Neuroscience. 8, по. 1 (January 1983): 33–55.

…при этом повторном картировании мозга Мерценич обнаружил… M. M. Merzenich et al. Progression of Change Following Median Nerve Section in the Cortical Representation of the Hand in Areas 3b and 1 in Adult Owl and Squirrel Monkeys // Neuroscience. 10, no. 3 (November 1983): 639–665.

…Уильям Дженкинс провел три месяца… William M. Jenkins et al. Functional Reorganization of Primary Somatosensory Cortex in Adult Owl Monkeys After Behaviorally Controlled Tactile Stimulation // Journal of Neurophysiology. 63, no. 1 (1990): 82-104.

…много раз молниеносно проводили пальцем по точкам… Begley, Train Your Mind, 88.

…совершить ряд довольно-таки поразительных открытий.

Alvaro-Pascual Leone. Learning About Seeing from the Blind // University of Wisconsin, Paul Bach-y-Rita Memorial Lecture. April 3, 2009, http://videos.med.wisc.edu/videos/8646.

…опубликовал статью, где разбирал данный случай… R. Hamilton et al. Alexia for Braille Following Bilateral Occipital Stroke in an Early Blind Woman // Neuroreport. 11, no. 2 (2000): 237–240.

«…он задействует те же нейронные схемы и маршруты..». Leone. Learning About Seeing from the Blind.

…понижать вероятность активизации нейрона и, по-видимому, его связывания с соседями… Такао Хенш в телефонной беседе с автором, август 2014. См. также: Jon Bardin. Neurodevelopment: Unlocking the Brain // Nature. 487 (July 5, 2012): 24–26, doi:10.1038/487024a.

…в 2013 г. Хенш показал это, давая взрослым добровольцам депакот… Judit Gervain et al. Valproate Reopens Critical-Period Learning of Absolute Pitch // Frontiers in System Neuroscience. 7 (2013): 102.

Глава 5

…вода должна была подействовать сильнее. Gary Klein. Sources of Power: How People Make Decisions. Cambridge, MA: MIT Press, 1998. Kindle ed., ch. 4; Daniel Kahneman. Thinking, Fast and Slow. New York: Farrar, Straus & Giroux, 2011. 11.

…Майкла Райли, офицера службы ПВО на британском эсминце «Глочестер». Klein, Sources of Power.

…историю об уцелевших бойцах канадского взвода… Mitch Potter. This Is Not Peacekeeping // Toronto Star. September 30. 2006, A0l.

«Мозг знает больше, чем вы думаете…». Эми Круз в телефонной беседе с автором, октябрь 2014; см. также Kahneman, Thinking, Fast and Slow.

…не совершая при этом почти никаких ошибок. Ричард Баркер, бывший менеджер проектов Boeing, в беседе с автором, июль 2014; Дилан Шморроу в беседе с автором, Северная Вирджиния, май 2014; Michael P. Snow, Richard A. Barker, Kenneth R. O'Neill, Brad W. Offer, and Richard E. Edwards. Augmented Cognition in a Prototype Uninhabited Combat Air Vehicle Operator Console, final report to DARPA (в статье кратко подытоживается работа, проделанная боинговской командой в ходе третьей фазы программы DARPA «Усовершенствование методов предоставления

бойцу информации в периоды острого стресса»).

В середине 90-х Саджда посетил… Jon Bardin. From Bench to Bunker: How a 1960s Discovery in Neuroscience Spawned a Military Project // Chronicle of Higher Education. July 9, 2012, accessed May 27, 2016, http://chronicle.com/article/From-Bench-to-Bunker-/132743/.

«У человека великолепно развита система общего распознавания объектов…». Adam Piore. Brain Boost for Information Overload // Columbia University Record, October 15, 2010, accessed May 27, 2016, http://engineering.co1umbia. edu/brain-boost-information-overload.

…постоянно мониторить все 360 градусов окружающей территории… DARPA press release. Tag Team Threat-Recognition Technology Incorporates Mind, Machine // Targeted News Service. September 18, 2012; Deepak Khosla, senior scientist in HRL's Information System Sciences Laboratory, в телефонной беседе с автором, март 2014.

Один из первых документированных случаев имплицитного обучения… Suzanne Corkin. Permanent Present Tense: The Unforgettable Life of the Amnesiac Patient, H. M. New York: Basic Books, 2013. 153.

…просила Молисона повторять карандашом очертания… Там же, 154–160.

— Вот ведь странно, — не без гордости заметил Молисон… Там же, 155.

В 1968 г. Милнер решила проверить способность Молисона… Там же, 187–188.

В одном из вариантов опыта добровольцев с нормальной памятью просят… Пол Ребер в телефонной беседе с автором, ноябрь 2014.

… участники опыта примерно в 65 % случаев верно угадывают… Phan Luu et al. Reentrant Processing in lntuitive Perception // PLoS ONE. 5, no. 3 (2010): e9523, doi:10.1371/journal.pone.0009523; Дон Такер в телефонной беседе с автором, сентябрь 2014.

В 1984 г. исследователи из Пенсильванского университета… Corkin. Permanent Present Tense. 193.

По-видимому, прайминг представляет собой… R. L. Buckner et al. Functional Anatomical Studies of Explicit and Implicit Memory Retrieval Tasks // Journal of Neuroscience. 15 (January 1995): 12–29.

…воздействие прайминга на трехлетних детей и на студентов колледжа… Endel Tulving and Daniel Schacter. Priming and Human Memory Systems // Science. January 19, 1990, 301–306.

…присутствие двух ясно различимых электроэнцефалографических автографов. A. Behneman et al. Neurotechnology to Accelerate Learning: During Marksmanship Training // IEEE Pulse. 3, no. 1 (2012): 60–63.

Глава 6

Дэвиду Джейну пришлось посетить трех неврологов… David Jayne. The Unexpected Journey, неопубликованные воспоминания.

«У меня в кузове фургончика всегда лежали удилища…» Там же.

…говорил мне один из неврологов Дэвида Джейна… Фил Кеннеди в телефонной беседе с автором, ноябрь 2015.

В 1969 г. еще один молодой ученый, Эберхард Фец… E. E. Fetz. Operant Conditioning of Cortical Unit Activity // Science. 163 (1969): 955–958.

«…охота на магнитный момент частицы». Э. Фец в телефонной беседе с автором, март 2015.

…определенные нейроны двигательной коры оказались особенно чувствительными… A. P. Georgopoulos et al. On the Relations Between the Direction of Two-Dimensional Arm Movements and Cell Discharge in Primate Motor Cortex // Journal of Neuroscience. 2 (1982): 1527-137; А. Георгопулос в телефонной беседе с автором, март 2015.

В 1996 г. Фил Кеннеди, невролог-первопроходец… Sherry Baker. The Rise of the Cyborgs: Melding Humans and Machines to Help the Paralyzed Walk, the Mute Speak, and the Near-Dead Return to Life // Discover Magazine. October 2008, accessed May 27, 2016, http://discovermagazine.com/2008/ oct/26-rise-of-the-cyborgs.

В 2004 г. он вживил электроды молодому жителю Джорджии… Там же.

…фразы типа «Это слон»… Там же.

…Шальк повстречался на одной конференции с Эриком Лейтхардтом… Adam Piore. The Army's Bold Plan to Turn Soldiers Into Telepaths // Discover Magazine. April 2011, accessed May 27, 2016, http://discovermagazine.com/2011/ apr/15-armys-bold-plan-turn-soldiers-into-telepaths.

Заявив, что он может выуживать из мозга информацию… Там же.

Поэтому он отправился в Белиз… Adam Piore. To Study the Brain, a Doctor Puts Himself Under the Knife: How One of the

Inventors of Brain-Computer Interfaces Ended Up Getting One Himself // MIT Technology Review. November 9, 2015, https://www.technologyreview.com/sZ543246/to-study-the-brain-a-doctor-puts-himself-under-the-knife/.

Глава 7

…полагают, что старческое слабоумие — первое смертельное заболевание, подробно описанное… H. Ebbinghaus. Memory: A Contribution to Experimental Psychology (1886), ch. 3. Classics in the History of Psychology, accessed May 27, 2016, http://psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/memory3.htm.

«Я просто вынужден был признать…». A. R. Luria. The Mind of a Mnemonist. New York: Basic Book, 1968. 11.

…комнатку, из которой открывался вид на городские крыши… Eric R. Kandel. In Search of Memory: The Emergence of the New Science of the Mind. New York: Norton, 2007. 209.

…(так, Уильям Джеймс назвал его деяния «героическими»). C. W. Domanski. Mysterious 'Monsieur Leborgne': The Mystery of the Famous Patient in the History of Neuropsychology Is Explained // Journal of the History of the Neurosciences. 22, no. 1 (2013): 47–52, accessed May 27, 2016, http://www. tandfonline.com/doi/full/10.1080/0964704X.2012.667528#. VBm5ebAtC70.

Добиваясь того, чтобы ассоциации, сформировавшиеся ранее… Ebbinghaus, Memory.

…одним из первых, кто вывел конкретные закономерности… R. H. Wozniak, Introduction to Ebbinghaus. Memory, http://psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/wozniak.htm#fl.

…для более длинных перечней требовалось больше практики… Kandel. In Search of Memory. 210.

Память кумулятивна… James L. McGaugh. Memory & Emotion: The Making of Lasting Memories. New York: Columbia University Press, 2003. 5–6.

Немецкие психоаналитики Георг Мюллер… и Альфонс Пильцекер… Kandel. In Search of Memory. 210-12.

…в воспоминания, которые могут сохраняться у нас до конца жизни? McGaugh. Memory & Emotion. 36–37.

В 30-е годы два итальянца изобрели… Там же.

Одна из групп таких специалистов заставляла подопытных крыс… C. P. Duncan. The Retroactive Effect of Electroshock on Learning // Journal of Comparative and Physiological Psychology. 42

(1949) 32–44.

…весьма впечатляющую статью, вышедшую еще в 1917-м. K. S. Lashley. The Effect of Strychnine and Caffeine upon Rate of Learning // Psychobiology. 1 (1917): 141-70.

— Вы хотите ввести препарат уже после того, как крыса пройдет лабиринт? Джеймс Макгоф в беседе с автором, Ирвайн (штат Калифорния), декабрь 2014.

Получалось, что введение стимулятора каким-то образом… James L. McGaugh and Lewis Petrinovich. The Effect of Strychnine Sulphate оп Maze-Learning // American Journal of Psychology. 72, по. 1 (March 1959): 99-102.

Последние 50 лет Макгоф провел за выяснением… J. L. McGaugh. Memory Consolidation and the Amygdala: A Systems Perspective // Trends in Neuroscience. 25, по. 9 (September 2002): 456; McGaugh. Memory & Emotion.

…экспериментаторы пропускали через лапы крыс слабый электрический разряд. Ryan T. LaLumiere, Thea-Vanessa Buen, and James L. McGaugh. Post-Training Intra-Basolateral Amygdala Infusions of Norepinephrine Enhance Consolidation of Memory for Contextual Fear Conditioning // Journal of Neuroscience. 23, по. 17 (2003): 6754–6758.

…переселяется на Каймановы острова, чтобы не платить налоги… Kathy Kristof. U. S. Cracks Down оп Rich Tax Evaders // Tulsa World. June 22, 2008, E3.

…в надежде стать «формально вечно живым»… Jeremy Campbell. Billionaire Has ‘Everlasting’ Brainwave to Beat Death Tax // Evening Standard. April 19, 1996, 18; Nick Cohen. Comment: Without Prejudice: Billionaire’s Sting оп the Mosquito Coast // Observer. August 1, 1999, 29.

…многообещающей национальной команды Монголии. Liana Aghajanian. Extreme Memory Tournament: Meet the Mongolian Masters of the Mnemonic // Guardian. May 6, 2015, http://www.theguardian.com/world/2015/may/06/mongolia-extreme-memory-tournament.

В финальных соревнованиях 2015 г… Memory Athletes and Researchers Collaborate to Dissect Feats of Memory, Association for Psychological Science, May 6, 2015, accessed May 27, 2016, http://www.psychologicalscience.org/index.php/publications/observer/obsonline/memory-athletes-and-researchers-collaborate-to-dissect-feats-of-memory.html.

…позволил Дарту попасть на первые полосы… Benedict Carey. Remembering, as an Extreme Sport: The Techniques of ‘Memory Athletes’ Offer Insight to the Mind // International New York Times. May 21, 2014, A7.

…Шерешевский часто «видел» слова и цифры, слыша их… Joshua Foer. Moonwalking with Einstein. New York: Penguin, 2011. 33.

В своем эксперименте 1973 г.… Терье Лёмо и Тим Блисс… Kandel. In Search of Memory. 282-83; McGaugh, Memory & Emotion. 112-13.

…от нескольких часов до суток с лишним. Kandel. In Search of Memory. 282-83.

…когда животное чувствует угрозу. Robert Langreth. Viagra for the Brain // Fortune. February 4, 2002.

…выстраивали карту изменений клеточной архитектуры… Kandel. In Search of Memory. 262–276.

…в напряженном эмоциональном состоянии… Там же, 265–266.

В 1993 г. команда показала: способствуя повышенной экспрессии… J. C. Yin et al. Induction of a Dominant Negative CREB Transgene Specifically Blocks Long-Term Memory in Drosophila // Cell. 79, no. 1 (1994): 49–58.

Вскоре их коллега Альчино Сильва продемонстрировал тот же эффект… R. Bourtchuladze et al. Deficient Long-Term Memory in Mice with a Targeted Mutation of the Responsive Element-Binding Protein // Cell. 79, no. 1 (1994): 59–68.

В 2000 г. Джеймс Макгоф получил странное электронное письмо… Jill Price. The Woman Who Can't Forget: The Extraordinary Story of Living with the Most Remarkable Memory Known to Science. New York: Free Press, 2008. 5.

Глава 8

…целое, которое оказывается больше, чем просто сумма… Nicolelis. Beyond Boundaries. 7.

«ГСМ позволяет нам внедриться…». Adam Piore. A Shocking Way to Fix the Brain // MIT Technology Review. October 8, 2015, accessed May 27, 2016, https://www.technologyreview.com/s/542176/a-shocking-way-to-fix-the-brain/.

Эти пациенты произвели на него очень глубокое впечатление. Там же.

…повторяющийся нейронный сигнал возникает в замкнутой цепочке… David L. Pauls. Obsessive-Compulsive Disorder: An Integrative Genetic and Neurobiological Perspective // Nature Reviews Neuroscience. 15, no. 6 (2014), http://www.nature.com/nrn/

journal/v15/n6/fg_tab/nrn3746_F2.html.

Майберг опубликовала статью… H. Mayberg et al. Deep Brain Stimulation for Treatment-Resistant Depression // Neuron. 45, no. 5 (2005): 651–660.

Сидя в лаборатории у Эскандара… Piore. A Shocking Way to Fix the Brain.

Глава 9

Стоя над мелководным краем бассейна, Дерек Амато… Adam Piore. When Brain Damage Unlocks the Genius Within // Popular Science. March 2013, accessed May 27, 2016, http://www.popsci.com/science/article/2013-02/when-braindamage-unlocks-genius-within.

…«проводит границу между креативностью и простой эксцентричностью…». Alice W. Flaherty. Frontotemporal and Dopaminergic Control of Idea Generation and Creative Drive // Journal of Comparative Neurology. 493 (2005): 147–153.

…творческий акт можно разделить на четыре стадии… Maria Popova. The Art of Thought: A Pioneering 1926 Model of the Four Stages of Creativity // Brain Pickings, accessed May 27, 2016, https://www.brainpickings.org/2013/08/28/the-art-of-thought-graham-wallas-stages/.

…страдающих болезнью Альцгеймера и старческими психозами. Piore. When Brain Damage Unlocks the Genius Within.

…некоторые исследования позволяют предположить, что кое-какие ее участки играют важнейшую роль в нашем вспоминании… M. F. Bonner and A. R. Price. Where Is the Anterior Temporal Lobe and What Does It Do? // Journal of Neuroscience. 33, no. 10 (2013): 4213-15; doi:10.1523/ JNEUROSCI.0041-13.2013.

…Миллер предложил совершенно иное объяснение… B. L. Miller et al. Emergence of Artistic Talent in Frontotemporal Dementia // Neurology. 51 (1998): 978–982.

Теория Миллера вполне согласуется с результатами… Narinder Kapur. The Paradoxical Brain. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

В течение нескольких недель после падения в бассейн… Piore, When Brain Damage Unlocks the Genius Within.

И Дарольд Трефферт, и Брюс Миллер часто наблюдают подобное явление… Darold A. Treffert. Islands of Genius: The Bountiful Mind of the Autistic, Acquired, and Sudden Savant. London

and Philadelphia: Jessica Kingsley, 2010.

В 2004 г. вышла ее книга… Alice W. Flaherty. The Midnight Disease: The Drive to Write, Writer's Block, and the Creative Brain. New York: Mariner, 2004.

Она исписывала клочки туалетной бумаги… Alice Flaherty. The Incurable Disease of Writing: A Neurologist Reflects on the Drives and Frustrations of Literary Creativity: interview // Harvard Medical Bulletin. December 2003, 24–30.

«Отчасти это из-за того, насколько сильно писание оторвало меня…». Там же.

Она узнала, что у Уильяма Джеймса… Flaherty // The Midnight Disease. 65.

Многие неврологи сегодня полагают, что Достоевский… Там же, 18–48.

…в 2008 г. они занимались совместным изучением мозга джазовых музыкантов. Charles J. Limb and Allen R. Braun. Neural Substrates of Spontaneous Musical Performance: An fMRI Study of Jazz Improvisation // PLoS ONE 3, no. 2 (2008): e1679, doi:10.1371/journal.pone.0001679.

…импровизировать в ходе почти бесконечных джемов. Nick Zagorski. Music on the Mind // Hopkins Medicine Magazine. Spring/Summer 2008, accessed May 27, 2016, http://www.hopkinsmedicine.org/hmn/s08/feature4.cfm.

СПРРМ затрагивает самые разные области мозга. R. E. Jung et al. The Structure of Creative Cognition in the Human Brain // Frontiers in Human Neuroscience. 7 (2013): 330, doi:10.3389/fnhum.2013.00330.

…когда ресурсы нашего внимания рассредоточены. Kirsten Weir. To Be More Creative, Cheer Up: The Way to Tap Your Inner Hemingway Is Not How You Think // Nautilus. January 15, 2015, accessed May 27, 2016, http://nautil. us/issue/20/creativity/to-be-more-creative-cheer-up.

В 2012 г. Снайдер опубликовал статью… Richard P. Chi and Allan W. Snyder. Brain Stimulation Enables the Solution of An Inherently Difficult Problem // Neuroscience Letters. 515, no. 2 (2012): 121–124.

…видит доказательства этой теории в одной работе 2013 г… E. G. Chrysikou et al. Noninvasive Transcranial Direct Current Stimulation Over the Left Prefrontal Cortex Facilitates Cognitive Flexibility in Tool Use // Cognitive Neuroscience. 4, no. 2 (2013): 81–89.

Вдохновленные этим случаем, Мейслесс и Шамай-Цури… N. Mayseless et al. Unleashing Creativity: The Role of Left Temporoparietal Regions in Evaluating and Inhibiting the Generation

of Creative Ideas // Neuropsychologia. 64 (2014): 157–168.

В статье, опубликованной в 2015 г., Мейслесс и Шамай-Цури… N. Mayseless and S. G. Shamay-Tsoory. Enhancing Verbal Creativity: Modulating Creativity by Altering the Balance Between Right and Left Inferior Frontal Gyrus with tDCS // Neuroscience. 291 (2015): 167–176.

«Наша гипотеза сводится к тому, что человек обладает…». Piore, «When Brain Damage Unlocks the Genius Within».

Брогаард опубликовала статью, где обсуждает результаты большого набора исследований… Berit Brogaard and Simo Vanni and Juha Silvanto. Seeing Mathematics: Perceptual Experience and Brain Activity in Acquired Synesthesia // Neurocase. 2012: 1-10, accessed May 30, 2016, http://www. brogaardlab.com/wp-content/uploads/2013/05/SeeingMathematics. pdf.

Список сокращений

CREB (*cyclic AMP response element-binding protein*) — связывающий белок отклика на циклический АМФ.

CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*) — короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами.

DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) — Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США.

FDA (*Food and Drugs Administration*) — Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (в США).

NIH (*National Institutes of Health*) — Национальные институты здравоохранения (в США).

NPIC (*National Photographic Interpretation Center*) — Национальный центр расшифровки фотоснимков (в США).

XMT — «Extreme Memory Tournament», «Турнир мастеров памяти».

АМФ — аденозинмонофосфат.

АТФ — аденозинтрифосфат.

БАС — боковой амиотрофический склероз.

БПВП — быстрое последовательное визуальное предъявление (RSVP, rapid serial visual presentation).

ВАДА — Всемирное антидопинговое агентство.

ВКМ — внеклеточный матрикс.

ГСМ — глубокая стимуляция мозга.

ДВП — долговременная потенциация.

ИМАО — ингибиторы моноаминоксидазы.

КУСФ — Калифорнийский университет в Сан-Франциско. МДД — мышечная дистрофия Дюшенна.

фМРТ — функциональная магнитно-резонансная томография.

МТИ — Массачусетский технологический институт.

МЭГ — магнитоэнцефалография.

НКИ — нейрокомпьютерный интерфейс (интерфейс «мозг-компьютер»).

ОКР — обсессивно-компульсивное расстройство.

ОФЭКТ — однофотонная эмиссионная компьютерная томография.

ПНС — перинейронная сеть.

ПТСР — посттравматическое стрессовое расстройство.

ПЭТ — позитронно-эмиссионная томография.

СИОЗС — селективные ингибиторы обратного захвата серотонина.

СКК — сеть когнитивного контроля.

СПРРМ — сеть пассивного режима работы мозга (default mode network, DMN).

СРТ — синдром Рубинштейна-Тайби.

ТКЭСПТ — транскраниальная электростимуляция постоянным током.

ХСПГ — хондроитинсульфатпротеогликаны.

ЧГР — человеческий гормон роста.

ЧОАБП — чрезвычайно обостренная автобиографическая память.

ЭКоГ — электрокортикография.

ЭМГ — электромиография.

ЭСВ — экстрасенсорное восприятие.

ЭСТ — электросудорожная терапия.

ЭЭГ — электроэнцефалография.

иЭЭГ — интракраниальная (внутричерепная) электроэнцефалография.

* * *

Научно-популярное издание
Серия: «Universum»
Пиорей Адам
ЧЕЛОВЕК 2.0. ПЕРЕЗАГРУЗКА.
РЕАЛЬНЫЕ ИСТОРИИ О НЕВЕРОЯТНЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ НАУКИ И ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА

Ведущий редактор *Ю. А. Серова*
Художник *В. А. Прокудин*
Технический редактор *Т. Ю. Федорова*
Корректор *И. Н. Панкова*.
Компьютерная верстка: *Е. Г. Ивлева*

Подписано в печать 27.12.18. Формат 60x90/16.
Усл. печ. л. 27,00. Заказ № ВЗК-01200-19.
Издательство «Лаборатория знаний»
125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3.
Телефон: (499) 157-5272, e-mail: info@pilotLZ.ru,
http://www.pilotLZ.ru
Отпечатано в АО «Первая Образцовая типография», филиал «дом печати — ВЯТКА» в полном соответствии с качеством предоставленных материалов.
610033, г. Киров, ул. Московская, 122.

notes

Примечания

1

Персонаж мультфильма «Рождество Чарли Брауна». — *Примеч. ред.*

2

Нью эйдж (от англ. *New Age* — буквально «новая эра») — общее название совокупности различных мистических течений и движений, в основном оккультного, эзотерического и синкретического характера. В более узком смысле этот термин используется для описания идеологически и иногда организационно связанных религиозных движений, идеологи которых оперируют понятиями «Новая эра», «Эра Водолея, и «Новый век», а также иногда именуют себя таким образом. Эти движения зародились и сформировались в своих основных чертах в XX в., но продолжают активно действовать и по сей день. — *Примеч. ред.*

3

Пол Пот (наст. *Салот Сар*; 1925–1998) — камбоджийский политический и государственный деятель, Генеральный секретарь Коммунистической партии Кампучии (1963–1979), премьер-министр Кампучии (1976–1979), лидер движения «Красных кхмеров». Правление Пол Пота, сопровождавшееся массовыми репрессиями и голодом, привело к гибели, по разным оценкам, от 1 до 3 млн человек. — *Примеч. ред.*

4

Автор, разумеется, имеет в виду США. — *Примеч. перев.*

5

В основе описания этих событий — интервью, взятые автором у *Хью Герра* и *Джеффа Батцера*, а также книга *Элисон Осиус* «Второе восхождение: история Хью Герра» (Osius A. Second Ascent: The Story of Hugh Herr. Harrisburg, PA: Stackpole Books, 1991).

6

Подробнее о раннем этапе альпинистской карьеры Герра см. в книге Осиус «Второе восхождение».

7

Да, здесь «макак» — мужского рода. — *Примеч. перев.*

8

В 80-е годы Хеглунд отправился в Кению, чтобы в полевых условиях заняться изучением крупных африканских животных (на которых частенько охотятся во время сафари). Однако наиболее интересные находки он сделал благодаря изучению местных женщин, способных переносить очень тяжелые грузы на голове. (Хеглунду пришла в голову мысль заняться такими исследованиями, когда однажды в обеденный перерыв несколько жен его местных лаборантов принесли еду для своих мужей.) Идя по дорожке бегового тренажера, эти женщины смогли нести на голове тяжесть, равную 20 % их собственного веса, и это не стоило им никаких дополнительных метаболических затрат. Если же организм шел на такие затраты, эти женщины могли переносить на голове груз, масса которого составляла 60 %, а иногда и 80 % веса их тела. Когда кенийки стояли на дорожке тренажера неподвижно, для их организма не имело никакого значения, имеется ли у них на голове какой-то груз, пусть даже очень большой. Казалось, когда они не двигаются, их организм не затрачивает никакой дополнительной энергии на поддержку груза. Хеглунд показал, что кости (и тела в целом) африканок со временем постепенно приспособились к тому, чтобы идеально поддерживать вес головы (и того, что на ней) наиболее эффективным способом с точки зрения расходования энергии. Возникла особая структура, выстроенная так, чтобы груз как можно меньше давил на мышцы. В ходе последующих экспериментов Хеглунд сравнил метаболические процессы этих женщин с данными чрезвычайно масштабного исследования, проведенного в американской армии: ученые измеряли метаболические затраты сотен новобранцев на переноску рюкзаков на спине. Как выяснилось, небольшие рюкзаки новобранцы-мужчины могли нести с меньшими метаболическими затратами (а значит, и прилагая меньше усилий), чем кенийки, которых изучал Хеглунд. Однако при повышении нагрузки это преимущество военных исчезало. Когда вес груза достигал 60 % массы тела, жительницы Кении несли эту тяжесть почти вдвое эффективнее бойцов. Заинтригованный этими данными, Хеглунд в течение нескольких лет еще дважды возвращался в Кению (он мог не беспокоиться о финансировании этих поездок благодаря Фулбрайтовской стипендии и грантам, полученным от американской армии), чтобы понять, какие же особенности механики организма дают возможность кенийкам так эффективно переносить тяжести. Он выяснил, что разгадка тайны — в

маятника-образных движениях женщин, идущих с грузом на голове. Идеальный маятник, качающийся взад-вперед без всяких помех, сохраняет 100 % своей энергии: первое движение вниз под действием гравитации сначала преобразуется в потенциальную энергию по мере того, как под действием этого импульса груз, прикрепленный к нити маятника, движется по направлению к верхней точке дуги, которую этот груз описывает. Затем эта энергия высвобождается как кинетическая, и гравитация устремляет груз в противоположном направлении. Он снова достигает высшей точки (уже с другой стороны), и весь цикл повторяется. Но когда большинство из нас идет на оптимальной для себя скорости, мы при каждом шаге теряем 40 % нашей энергии в двух точках — там, где нога занимает самое верхнее положение, и там, где ступня соприкасается с землей. Африканки движутся точно так же, но, когда они добавляют в эту систему дополнительный груз, их походка определенным образом меняется (хотя сами женщины не могли этого объяснить, да и изменения не видны невооруженным глазом), тем самым позволяя им расходовать около 80 % энергии на движение вперед. Груз при этом, казалось, движется более плавно, особенно в низшей точке шага (когда нога соприкасается с землей). Когда женщины шли с грузом, лежащим на верхней части тела, их тело перестраивало эту схему так, чтобы нагрузка эффективно распределялась и чтобы человек мог двигаться вперед с минимальными усилиями.

Вероятно, один из самых известных примеров здесь — британский актер Энди Сёркис, использовавший эту технологию для того, чтобы сыграть Голлума во «Властелине колец», гигантскую человекообразную обезьяну в «Кинг-Конге» и Верховного правителя Сноука из седьмого эпизода «Звездных войн» — «Пробуждения силы». Джеймс Кэмерон применил этот метод в своем фильме «Аватар» (2009), добившись очень впечатляющего эффекта.

10

Как отмечает Вейэнд, спортсмены вроде Усейна Болта ударяют ногой о землю в 1,5–2 раза сильнее, чем обычные бегуны: эта сила в 4–5 раз превосходит ту, которая соответствует массе их тела. «Причем, — отмечает Вейэнд, — эту силу они могут развивать уже через три-четыре сотых секунды после своего первого контакта с землей — гораздо быстрее, чем кто-либо еще». Когда исследователь просмотрел в замедленном режиме видеозаписи бега таких спринтеров, как Болт и Карл Льюис, он обнаружил, что их беговое движение как бы ориентировано на то, чтобы с необычайной силой вколачивать конечности в землю, но при этом как можно скорее отрывать ноги от поверхности. (И это имеет смысл, стоит лишь внимательнее присмотреться к соревнованиям. Спринтеры бегут по-особому: их тело вытянуто в струнку, они очень высоко поднимают колени, и ноги их стремительно движутся вверх-вниз, словно поршни.)

11

Британский ученый Генри Беннет-Кларк в конце 60-х первым подробно охарактеризовал необычайную прыгучесть этого крошечного насекомого. Вместе с коллегой он помещал подопытных блох в миниатюрную ячейку, окруженную множеством тепловых ламп, провоцирующих насекомое на прыжок, и снабженную камерой, которая вела сверхбыструю (по тем временам) съемку. Методом проб и ошибок исследователи сумели запечатлеть 20 «пригодных для дальнейшей работы» прыжков. Для этого пришлось проанализировать десятки тысяч кадров-негативов, полученных при съемке пятисекундных опытов. Как выяснилось, примерно за одну десятую долю секунды до каждого прыжка блоха подбирает под себя задние ноги, пока ее верхняя часть не выпрямляется почти вертикально. Потом — примерно восемь сотых секунды неподвижности. Затем она выгибает назад остальные ноги, толкает свое туловище вверх и бросает себя в воздух. Даже при скорости съемки, позволяющей фиксировать движения каждую миллисекунду, насекомое отрывается от поверхности с такой «взрывной силой», что последующие движения ее ног происходят намного быстрее, чем может зафиксировать такая камера. Но Беннет-Кларк, измеряя длину получившихся на пленке размытых полос, все-таки сумел прикинуть, что при этом блоха придает себе такое огромное ускорение, которое потребовало бы применения силы, примерно в 100 раз превышающей ту, которую могла бы развить мышца за столь краткий промежуток времени.

12

Здесь и далее речь идет об американском футболе. — *Примеч. перев.*

13

CRISPR расшифровывается как *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* — короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами. Одноименная технология (обычно ее именуют CRISPR/Cas, где Cas — название группы белков) имеет дело как раз с такими ДНК-последовательностями. — Примеч. перев.

14

Бернард Мейдофф (род. 29 апреля 1938 г., Куинс, Нью-Йорк) — американский бизнесмен, бывший председатель совета директоров фондовой биржи NASDAQ. В 1960 г. основал на Уолл-стрит фирму «Bernard L. Madoff Investment Securities LLC» и возглавлял ее до 11 декабря 2008 г., когда он был обвинен в создании, возможно, крупнейшей в истории финансовой пирамиды. 29 июня 2009 г. Бернард Мейдофф за свою аферу был приговорен судом Нью-Йорка к 150 годам тюремного заключения. — *Примеч. ред.*

15

Чарльз Миллз Мэнсон, при рождении *Чарльз Миллз Мэддокс* (12 ноября 1934 г., Цинциннати, Огайо — 19 ноября 2017 г., Бейкерсфилд, Калифорния) — американский преступник, создатель и руководитель секты «Семья», члены которой, по его приказу, в 1969 г. совершили ряд жестоких убийств, среди которых убийство жены кинорежиссера *Романа Полански*, актрисы *Шэрон Тейт*, находившейся на девятом месяце беременности. Был приговорен к смертной казни, замененной на девять пожизненных сроков. — *Примеч. ред.*

16

Но и это мошенничество в конце концов раскрылось: один тренер, готовивший бегунов, во время соревнований выудил из мусорного бака использованный шприц и отправил его в одно из антидопинговых агентств.

17

Вероятно, среди всех единичных мутаций, положительно влияющих на спортивные достижения, чаще всего упоминается одна из тех, что повышают выносливость. Исследователи выявили эту мутацию, анализируя ДНК Ээро Мянтюранты — финского спортсмена, завоевавшего золотые медали в лыжных гонках на зимних Олимпиадах 1960 и 1964 гг. У Мянтюранты (он умер в 2013 г.) был аномально высокий уровень белка гемоглобина в эритроцитах (красных кровяных тельцах). Именно гемоглобин придает крови красную окраску. Работа этого вещества состоит в том, чтобы переносить молекулы кислорода к мышцам первого типа. Затем мышцы могут задействовать этот кислород для синтеза АТФ — вещества, которое, в частности, используется мышцами как топливо, дающее им энергию для сокращения. Чем больше гемоглобина в вашем организме, тем больше кислорода вы можете доставлять в мышечные волокна, тем больше энергии вы можете расходовать и тем дольше вы можете бежать, не уставая. Высокое содержание гемоглобина выгодно для тех, кто занимается видами спорта, требующими выносливости. Именно такого эффекта многие атлеты стремятся добиться искусственным путем — принимая эритропоэтин. Еще одна мутация, которая, по-видимому, улучшает выносливость, вроде бы повышает интенсивность создания организмом крошечных молекулярных органелл под названием митохондрии. Целенаправленно воздействуя на ген, усиливающий производство митохондрий, международная группа, в которую вошли ученые из Южной Кореи и из Института Солка (Сан-Диего), сумела вывести новую породу — «мышей-марафонцев», способных, не уставая, пробегать вдвое большее расстояние, чем их обычные, немодифицированные сородичи. Митохондрии — маленькие структуры, свободно плавающие в клеточной жидкости за пределами ядра мышечных [и многих других] клеток. Ученые часто называют их энергетическими станциями клетки. Именно митохондрии с помощью кислорода превращают сахара в АТФ (вещество, которое используется, в частности, для того, чтобы питать энергией мышечные сокращения медленных волокон). Митохондрии могут делать это практически вечно — посредством процесса, который именуется аэробным дыханием. (Мышцы первого типа задействуют иной биологический механизм, порождающий анаэробное [т. е. бескислородное] дыхание.) В 2007 г. гарвардские исследователи сумели превратить мышей в неутомимых бегунов, целенаправленно воздействуя на другой ген

и тем самым заставляя их организм вырабатывать больше мышечных волокон, относящихся в малоизвестному типу IIx: свойства и особенности этого типа волокон ученые начали понимать лишь недавно.

18

Ли искал неведомые прежде белки, принадлежащие к «суперсемейству трансформирующих бета-факторов роста» (transforming growth factor beta superfamily, TGF). Уже было известно, что несколько взаимосвязанных между собой белков, входящих в это семейство, оказывают неожиданно мощное воздействие на рост костей, деление клеток и другие процессы. Ли предположил: возможно, этот новый белок (который он назвал TGF-8 и который затем получит наименование «миостатин») также может обладать терапевтическим значением. Ученый поручил своей аспирантке Александре Макферрон выяснить функции этого белка. Макферрон вывела мышей, лишенных обеих копий гена, кодирующего данный белок. И почти сразу она заметила нечто странное: новорожденные генетически модифицированные зверьки «выглядели какими-то комковатыми». Ей показалось, что по всему телу мыши равномерно распределены доброкачественные опухоли или чрезвычайно крупные бородавки странной формы, покрытые мехом. Лишь после того, как Макферрон безболезненно умертвила одну из этих мышей и вскрыла ее тело, она обнаружила истинную причину вздутий, таящихся под шерстью. Эти вздутия были мышцами. И эти мышцы были повсюду. Плечи животного были огромными, по мышиным меркам. Брюшной пресс оказался настолько толстым, что его трудно было разрезать скальпелем. Передние и задние ноги были сверхмускулистыми, словно в каком-нибудь комиксе о супермышах. Макферрон вот-вот испытает озарение — очень похожее на то, которое испытал Суини, когда он впервые увидел эти необычно раздутые мышиные ноги у себя в лаборатории. «Когда я ее вскрыла, я какое-то время просто сидела и думала: мне это не мерещится? — вспоминает Макферрон. — А потом я стала сзывать других аспирантов и студентов, чтобы они на это полюбовались».

19

Подробнее о первых шагах по изучению стволовых клеток см.: Parson A. B. The Proteus Effect: Stem Cells and Their Promise for Medicine [Эффект Протея: стволовые клетки и возможность их использования в медицине). Washington, DC: Joseph Henry Press, 2004.

20

Соответствует российской степени кандидата наук. Слово «философия» в названии условно: речь может идти о самых разных дисциплинах. — *Примеч. перев.*

21

Название одной из флоридских баскетбольных команд. — *Примеч. перев.*

Другими словами, той информации, которая поступает от органов чувств: мы решили избегать двусмысленных терминов типа «чувственная информация» или даже «чувствительная информация», которые иногда можно встретить в отечественной литературе. Правда, термин «сенсорный» часто относят лишь к осязательному восприятию, но мы надеемся избежать путаницы. — *Примеч. перев.*

23

В отечественном прокате шел под названием «Области тьмы». — *Примеч. перев.*

24

В отечественной флотской иерархии примерно соответствует капитану 2-го ранга. — *Примеч. перев.*

25

Любопытно, что Поттер (которой сейчас уже за 80) недавно опубликовала новое исследование: с помощью еще более быстродействующих современных технологий она сумела показать, что кое-какая обработка зрительной информации идет даже после того, как мы видели картинку в течение всего 13 мс (т. е. на протяжении менее чем одной семьдесят пятой доли секунды). (Получается, что скорость обработки картинок у нас — 270 000 изображений в час, или 6,5 млн изображений в сутки.) Впрочем, хотя способность распознавать образы на такой скорости и превышала уровень, свойственный просто случайному угадыванию, она была сильно ниже 100 %. Иными словами, при такой огромной скорости предъявления мы часто пропускаем картинки, даже если нас заранее попросили их высматривать.

Подробнее об этом: *Kahneman D.* Thinking, Fast and Slow [Мышление быстрое и медленное]. New York: Farrar, Straus & Gitoux, 2011.

Такер и Луу использовали сканирование методом фМРТ (функциональной магнитно-резонансной томографии) для построения подробной карты географии мозга каждого испытуемого, а затем соотнесли эти данные с показаниями 256-канального электроэнцефалографа (сигналы на который поступали через специальную шапочку, надеваемую на череп), который лучше, чем фМРТ, позволяет отслеживать пики активности мозга в реальном времени, но хуже определяет расположение нужных деталей в пространстве.

28

Из оленьего волоса как раз и делается искусственная муха для такой рыбалки. — *Примеч. перев.*

Эфферентация — нисходящий поток нервных импульсов к исполни тельному органу. — *Примеч. перев.*

30

В своем бестселлере «Прогулки по Луне с Эйнштейном» (2011) журналист Джошуа Фоэр описывает, как использовал именно эту методику для того, чтобы меньше, чем за год, превратиться из неофитн-наблюдателя, описывающего соревнование мнемонистов для своего издания, в чемпиона США, способного запомнить порядок следования всех карт в колоде за 1 мин 40 с.

31

Идея о том, что сенсорные ассоциации каким-то образом зашифрованы в физической структуре мозга и в связях между определенными группами нейронов, имеет весьма фундаментальный характер и возникла не позже конца XIX в., когда ученые начали признавать основополагающую теорию организации мозга — так называемую «нейронную доктрину». Согласно этой доктрине, нейроны представляют собой автономные объекты, соединяемые отростками, которые пересекаются в точках, именуемых синапсами: нейроны обмениваются сигналами через синапсы, заставляя друг друга подавать импульсы. Именно в конце XIX в. испанский ученый Сантьяго Рамон-и-Кахаль, которого многие считают отцом современной нейрофизиологии, стал одним из первых исследователей, предположивших, что «сила» физических связей между группами нейронов, кодирующих две различные мысли или идеи, определяет силу ассоциации между этими мыслями или идеями, а значит, и вероятность того, что одна идея (или стимул) заставит нас подумать о другой.

32

Как известно, Марсель Пруст написал огромную книгу о своих детских переживаниях — «В поисках утраченного времени». Стимулом, побудившим его отправиться в это мысленное путешествие, стал вкус пирожного «мадлен», потянувший за собой множество воспоминаний об эпизодах прошлого. Этих воспоминаний хватило на семь томов.

33

Можно возразить, что «самый фундаментальный уровень» и «мельчайшие компоненты» — это не молекулы, а атомы или даже элемен тарные частицы. Но речь здесь идет все-таки не о чисто физическом, а о биохимическом взаимодействии. — *Примеч. перев.*

34

GlaxoSmithKline — крупная британская фармацевтическая компания. — *Примеч. перев.*

35

«Некоторые люди могут подумать, что здесь имеется в виду наше личное богатство, но я так не считаю, — подчеркивает Талли. — Я интерпретировал его возглас так: бог ты мой, мы наконец получим хороший грант. Вот как я предпочел истолковать его слова».

36

3 марта 1991 г. темнокожего таксиста Родни Кинга, управлявшего машиной в нетрезвом состоянии и пытавшегося скрыться от дорожного патруля, при аресте избили полицейские. Суд позже оправдал их, что послужило поводом к лос-анджелесским расовым волнениям 1992 г. В дальнейшем Кинг совершил еще множество правонарушений (в числе которых — попытка задавить машиной собственную жену). В 2012 г. он утонул в своем бассейне из-за передозировки алкоголя, кокаина и марихуаны. — *Примеч. перев.*

37

Здесь и далее градусы Фаренгейта переведены в градусы Цельсия. — *Примеч. перев.*

38

Позже песня на эти слова стала официальным гимном США. — *Примеч. перев.*

39

К этому поколению демографы обычно относят родившихся в США в период демографического взрыва (бэби-бума) середины 1940-х — начала 1960-х гг., но автор явно имеет в виду вторую половину этого интервала. — *Примеч. перев.*

Узконаправленная стимуляция мозга теоретически может применяться для улучшения самых разнообразных ментальных функций. Так, ГСМ можно использовать для ускорения процессов обучения, повышая вероятность того, что определенные группы нейронов будут давать импульсы синхронно, а значит, соединяться друг с другом. Эскандар уже показал, что именно с помощью этой методики можно значительно увеличивать скорость, с которой подопытные мартышки осваивают одно задание, связанное с визуальным обучением. Ицхак Фрид, профессор нейрохирургии Медицинской школы Давида Геффена (одного из подразделений Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе), продемонстрировал, что формирование воспоминаний у людей, страдающих эпилепсией, можно улучшать, просто стимулируя зоны мозга, участвующие в кодировании новых воспоминаний. Сегодня Фрид — один из руководителей финансируемого DARPA проекта, направленного на дальнейшее развитие этих методик именно в качестве терапевтических. Программа именуется «Восстановление активной памяти» («Restoring Active Memory», RAM). Ее цель — помочь страдающим от последствий травматических повреждений мозга. Фрид намерен собирать данные, изучая мозг больных эпилепсией. В совокупности с другой информацией это (как рассчитывают участники проекта) должно позволить разрабатывать и изготавливать приборы, которые могли бы способствовать формированию воспоминаний. По сведениям Los Angeles Times, команда Фрида сосредоточит свое внимание на энторинальной области коры головного мозга. Вторая группа, участвующая в проекте (она работает в Пенсильванском университете), планирует изучать вклад других частей мозга в механизмы памяти: речь идет о лобной, височной и теменной коре.

41

Легендарная фраза, которой оканчиваются многие эпизоды американского полицейского сериала «Гавайи 5–0» (1968–1980): инспектор Стив Макгарретт обращает эти слова к своему помощнику Дэнни Уильямсу, призывая его арестовать подозреваемых. — *Примеч. перев.*

42

Если вы циник или специалист по медицинской этике, вам нетрудно представить, что такие приборы для стимулирования мозга когда-нибудь станут применяться и в неблаговидных целях. В 50-е-60-е годы йельский нейрофизиолог Хосе Мануэль Родригес Дельгадо вживил управляемые по радио электроды в мозг 25 пациентам одной из психиатрических лечебниц штата Род-Айленд. Большинство из них страдали шизофренией и эпилепсией. Дельгадо показал, что он может добиваться от них определенных физических движений, стимулируя моторную область коры их головного мозга, даже если сами пациенты пытались этому сопротивляться. Кроме того, он мог вызывать у них страх, похоть, эйфорию. Джон Хорган, обозреватель журнала Scientific American, утверждает, что подобного рода научные изыскания сошли на нет уже в 70-е годы, когда два соратника Дельгадо, Фрэнк Эрвин и Вернон Марк (работавшие в Гарвардской медицинской школе), выпустили весьма противоречивую книгу под названием «насилие и мозг». В ней они предположили, что электростимуляцию мозга и лоботомию можно использовать для утихомиривания буйного нрава афроамериканцев, то и дело устраивавших тогда бунты в городах США. Два года спустя Роберт Хит, психиатр из Университета Тулейна, сообщил, что имплантировал электрод в нейронные центры удовольствия гомосексуального мужчины, привел в лабораторию специально нанятую проститутку и затем включил стимулятор в надежде изменить сексуальную ориентацию испытуемого. (Методика не сработала.) Конгресс провел слушания, посвященные сомнительным исследованиям подобного рода. Занимавшимся такой работой стало труднее получать гранты, и большинство подвизавшихся в этой сфере переключились на фармакологию. Потребовались годы, чтобы эта область науки пришла в себя. Перечисленные случаи должны послужить для нас мрачным предостережением, показывая, какой потенциал неправомерного использования таит в себе наука, а в особенности эта ее область. Однако, поговорив с людьми, подобными Лисе Мёрфи, трудно отрицать, что ГСМ способна приносить пользу. Применение ГСМ в негуманных целях изглаживается из памяти человечества, да и нынешняя эпидемия психических расстройств, похоже, способствует тому, чтобы подобные тревоги (о возможном использовании ГСМ во зло) отходили на второй план. Нам выпал еще один шанс поступить правильно и обратить глубокую стимуляцию мозга на службу

добру.

Существуют явные различия между теми, чья эпилепсия затрагивает правую сторону мозга, и теми, чья эпилепсия затрагивает левую. Страдающие эпилепсией левой височной доли (эта разновидность болезни снимает ряд ограничений на правой стороне мозга) обычно имеют тенденцию к гиперграфии и гиперрелигиозности, а кроме того, склонны больше подчиняться правилам и чаще предаются философским раздумьям. Как предполагает Флаэрти, за религиозное чувство отвечает правая сторона мозга. Люди с правосторонней височной эпилепсией больше склонны к галлюцинированию и сверх-эмоциональным проявлениям. Левая сторона мозга при ее «высвобождении» приводит к большей «маниакальности» и активизирует визуальное воображение.

44

«Сеть пассивного режима работы мозга» — устоявшийся в отечественной литературе термин, хотя на самом деле речь идет скорее о «стандартном режиме». — *Примеч. перев.*

45

Амато не проявляет особой скромности по части желания славы. Он вовсю рассылает материалы репортерам, посылает другим людям с приобретенным синдромом саванта запросы на дружбу в Фейсбуке, постоянно дополняет и обновляет свою персональную страницу. Такое поведение вызывает ряд сомнений у экспертов. Рекс Джанг стал с подозрением относиться к Амато после того, как прочел о его неудачной карьере менеджера смешанных единоборств. «Я проникся большим скептицизмом», — отмечает ученый. Джанг много общался с Алонсо Клемонсом, тем самым савантом, который вдруг стал лепить фигурки животных. Ученый полагает, что приобретенный синдром саванта — явление вполне реальное. Но он отмечает, что у Амато не проявляются другие симптомы, которых можно было бы при этом ожидать. По словам Джанга, хотя многие саванты демонстрируют «необычайные» способности к математическим вычислениям или искусству, это «почти всегда возникает за счет других функций, которые выполняет мозг». Не существует способа со всей определенностью подтвердить или опровергнуть заявления Амато, однако целый ряд вполне уважаемых ученых готов поручиться за то, что у него действительно имеет место приобретенный савантизм. Эндрю Ривз, нейрофизиолог из Клиники Майо, проводил сканирование мозга Амато с помощью МРТ для программы «Оригинальные умы». На снимках обнаружилось несколько светлых пятен, которые, по словам Ривза, могли появиться в результате предшествующих сотрясений мозга. Ривз подчеркивает: «Приступая к обследованию, мы понимали, что вряд ли сможем выявить какую-то характерную картину изменений». Однако, по его словам, рассказы самого Амато о его переживаниях «слишком хорошо соответствуют схеме подключения его мозга, тому, какие части соседствуют друг с другом, чтобы эта история была его выдумкой: во всяком случае, так мне представляется». Ривз считает, что черные и белые квадраты, появляющиеся в поле зрения Дерека, как-то связаны с его двигатель ной системой и указывают на возможное наличие нетипичной связи между зрительными и слуховыми участками его мозга. Большин сгио нейрофизиологов и нейропсихологов, изучающих феномен креативности, все-таки склонны считать, что Амато не вводит науку в заблуждение. «Удивительно, с каким скептицизмом к нему некоторые относятся, — говорит Флаэрти из Массачусетской больницы. — Кое-кто утверждает, что он специально выбрал себе такую карьеру. Но это, знаете ли,

довольно странный выбор».